

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Отделение электронной инженерии
 Направление 15.03.01 Машиностроение

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка технологии комбинированной сварки неповоротных стыков магистральных трубопроводов

УДК 621.791:622.692.07

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1B51	Назаров Андрей Михайлович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Гордынец Антон Сергеевич	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Якимова Татьяна Борисовна	К.Э.Н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Романцов Игорь Иванович	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Першина Анна Александровна	К.Т.Н.		

Планируемые результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Применять базовые и специальные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания в комплексной инженерной деятельности при разработке, производстве, исследовании, эксплуатации, обслуживании и ремонте современной высокоэффективной электронной техники
P2	Ставить и решать задачи комплексного инженерного анализа и синтеза с использованием базовых и специальных знаний, современных аналитических методов и моделей
P3	Выбирать и использовать на основе базовых и специальных знаний необходимое оборудование, инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и иных ограничений
P4	Выполнять комплексные инженерные проекты по разработке высокоэффективной электронной техники различного назначения с применением базовых и специальных знаний, современных методов проектирования для достижения оптимальных результатов, соответствующих техническому заданию с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений
P5	Проводить комплексные инженерные исследования, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных с применением базовых и специальных знаний и современных методов для достижения требуемых результатов
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование в предметной сфере электронного приборостроения, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды
<i>Универсальные компетенции</i>	
P7	Использовать базовые и специальные знания в области проектного менеджмента для ведения комплексной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности
P8	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе, в том числе на иностранном языке, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности

P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, проявлять навыки руководства группой исполнителей, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, с делением ответственности и полномочий при решении комплексных инженерных задач
P10	Демонстрировать личную ответственность, приверженность и готовность следовать профессиональной этике и нормам ведения комплексной инженерной деятельности
P11	Демонстрировать знание правовых социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, компетентность в вопросах охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности
P12	Проявлять способность к самообучению и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Отделение электронной инженерии
Направление 15.03.01 Машиностроение

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) _____ (Дата) Першина А.А.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-1В51	Назаров Андрей Михайлович

Тема работы:

Разработка технологии комбинированной сварки неповоротных стыков магистральных трубопроводов	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	03.06.2020 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Чертеж сварной конструкции; материал сварной конструкции; существующий способ сварки; сварочные материалы; перечень нормативной документации.</p>
---	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Введение</p> <p>1 Обоснование выбора способа сварки</p> <p>2 Оценка технологической свариваемости материала</p> <p>3 Обоснование выбора сварочных материалов</p> <p>4 Расчет параметров режима сварки</p> <p>5 Обоснование выбора сварочного оборудования</p> <p>6 Финансовый менеджмент, ресурсо-эффективность и ресурсосбережение</p> <p>7 Социальная ответственность</p> <p>Заключение</p>
<p>Перечень графического материала</p>	<p>1 Титульный лист</p> <p>2 Название темы, цель, задачи</p> <p>3 Эскиз изделия</p> <p>4 Формы разделки кромок</p> <p>5 Особенности дуговой сварки покрытыми электродами модулированным током</p> <p>6 Временные диаграммы напряжения и тока при дуговой сварке покрытыми электродами модулированным током</p> <p>7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность;</p> <p>8 Социальная ответственность</p> <p>9 Вывод</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Якимова Татьяна Борисовна</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Романцов Игорь Иванович</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	01 апреля 2020 г.
---	-------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Гордынец Антон Сергеевич	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В51	Назаров Андрей Михайлович		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение
 Отделение электронной инженерии
 Период выполнения весенний семестр 2019 /2020 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврской работы

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	03.06.2020 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
22.04.2020 г.	Введение	5
29.04.2020 г.	Обоснование выбора способа сварки	15
07.05.2020 г.	Оценка технологической свариваемости материала	15
10.05.2020 г.	Обоснование выбора сварочных материалов	15
20.05.2020 г.	Расчет параметров режима сварки	25
24.05.2020 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
29.05.2020 г.	Социальная ответственность	10
30.05.2020 г.	Заключение	5

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Гордынец Антон Сергеевич	К.Т.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Першина Анна Александровна	К.Т.Н.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО		
3-1B51	Назаров А.М.		
Институт	ИШНКБ	Отделение	ОТСП
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.01 Машиностроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость выполняемых работ, материальных ресурсов, согласно применяемой техники и технологии, в соответствии с рыночными ценами
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Нормы времени на выполнение операций, нормы расхода материалов, инструмента и др.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов.	Отчисления во внебюджетные фонды (30,2%)

Перечень вопросов, подлежащих разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Технико-экономическое обоснование целесообразности внедрения новой техники или технологии выполнения работ
2. Планирование и формирование бюджета проекта	Планирование технического проекта. Определение текущих затрат на сварочные работы
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Экономическая оценка сравниваемых способов сварки

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Карта сегментирования рынка

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСТН	Якимова Татьяна Борисовна	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1B51	Назаров Андрей Михайлович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-1В51	Назаров Андрей Михайлович

Школа	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	ОТСП
Уровень образования	Бакалавриат	Направление	15.03.01 Машиностроение

Тема ВКР:

Разработка технологии комбинированной сварки неповоротных стыков магистральных трубопроводов

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования.	<p>Объект исследования - процесс строительства нефтепровода диаметром 1020 мм толщиной стенки 12 мм комбинированной сваркой.</p> <p>Рабочая зона - трасса магистрального нефтепровода проходит через Анжеро-Судженск-Красноярск 212,736-275,566 км. Участок Каштан-Ачинск, 232,7км-240,63 км. Новосибирское РНУ. Местность равнинная. Климат умеренный.</p> <p>Область применения – строительство и ремонт магистральных нефтепроводов.</p>
---	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	<p>Законодательные и нормативные документы по теме:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ВСН 006 - 89; - ВСН 012 – 88; - СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03; - ГОСТ 12.1.003-83; - СН 2.2.4/2.1.8.562-96; - СНиП 23-05-95; - ГОСТ 12.4.123-83; - ПУЭ; - ФЗ от 22.07.2013 г. №123 – ФЗ, - ГОСТ 12.1.010 – 76; - Р 2.2.2006 -05.
2. Производственная безопасность:	<p>Выявить вредные факторы на территории сварочного участка: освещенность, шум, климат, вредные вещества, укусы насекомых и животных, психофизические факторы (повышенная нагрузка на органы чувств (зрение, слух), тяжелая физическая работа, умственное перенапряжение, монотонность труда, стрессовые эмоциональные перегрузки, высокий уровень интенсивности деятельности, рабочая поза). Предлагаемые средства защиты: налобные фонарики, наушники, респираторы.</p> <p>Выявить опасные факторы на территории сварочного участка: электрический ток, термические ожоги. Предлагаемые средства защиты: спецодежда, перчатки.</p>
3. Экологическая безопасность	<p>Рассмотреть необходимость осуществлять отдельный сбор и хранение отходов, подвергать их переработке, утилизации или захоронению.</p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<p>Наиболее актуальная ЧС – возникновение пожара.</p>

	<p>Рассмотреть профилактические мероприятия требования к безопасности и меры по ликвидации ее последствий:</p> <ul style="list-style-type: none"> - использование огнетушителя, песка, пожарной цистерны; - обеспечение средствами индивидуальной защиты.
--	---

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	02.03.2020
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Романцов Игорь Иванович	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В51	Назаров Андрей Михайлович		

Реферат

Выпускная работа содержит 20 листов демонстрационных листов (слайдов) и пояснительную записку, состоящую из 125 страниц и содержащую 14 рисунков, 38 таблиц, библиографический список из 31 наименований.

Ключевые слова: сварка, оборудование, сварочный комплекс, технология, нефтепровод.

Объектом исследования является труба магистрального трубопровода.

Цель работы – сокращение сроков замены магистрального трубопровода «Анжеро-Судженск-Красноярск» за счет использования современных средств механизированной автоматической сборки и сварки.

В процессе исследования проводились: изучение материалов из которых изготавливается трубопровод, изучение способов сварки и сварочных материалов, расчет режимов сварки, изучение используемого оборудования для сварки.

В результате исследования был изучен технологический процесс сборки и сварки трубопровода.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: труба диаметром 1020 мм с толщиной стенки 12 мм.

Экономическая эффективность работы: разница в штучно-калькуляционном времени сварки между РДС (186 мин) и КС (113 мин), составляет 73 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 39 %. По затратам на сварку стыка выгодна КС, она обходится дешевле на 523 руб, что в процентном соотношении дает снижение затрат на 8 %.

Выпускная квалификационная работа бакалавра выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2016 и графическом редакторе «КОМПАС-3D V18».

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

Определения

Нефтепровод – инженерно-техническое сооружение трубопроводного транспорта, предназначенное для транспортировки нефти потребителю.

Обозначения и сокращения

σ_T – предел текучести;

σ_B – временное сопротивление разрыву;

δ_5 – относительное удлинение;

$d_{\text{э}}$ – диаметр электродного стержня;

j – допускаемая плотность тока;

α_n – коэффициент наплавки;

F_n – площадь поперечного сечения наплавленного металла за проход;

γ – плотность наплавленного металла за данный проход;

$q_{\text{эф}}$ – эффективная тепловая мощность сварочной дуги;

$I_{\text{св}}$ – ток сварочной дуги;

U_d – напряжений на дуге;

η_u – эффективный КПД нагрева изделия дугой;

$V_{\text{св}}$ – скорость перемещения сварочной дуги;

I_u – ток импульса;

I_n – базовый ток (паузы);

$I_{\text{ср}}$ – средний ток;

t_u – продолжительность импульса;

t_n – продолжительность паузы;

$T_{\text{ц}}$ – продолжительность цикла модуляции сварочного тока;

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1 ГОСТ 16037-80. Соединения сварные стальных трубопроводов.

Основные типы, конструктивные элементы и размеры (с Изменением N 1)

2 ГОСТ 8731-74 Трубы стальные бесшовные горячедеформированные.

3 ГОСТ 8732-78 Трубы стальные бесшовные горячедеформированные.

Сортамент

4 ГОСТ 8734-75 Трубы стальные бесшовные холоднодеформированные.

5 РД-153-39.4-056-00 Руководящий документ. Правила технической эксплуатации магистральных нефтепроводов

6 ГОСТ 7512-82 Контроль неразрушающий. Соединения сварные.

Радиографический метод

7 ГОСТ 14782-86 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Метод ультразвуковой

8 СНиП 2.05.06-85 Строительные нормы и правила "Магистральные трубопроводы"

Оглавление

Введение.....	16
1 Обзор литературы	17
1.1 Описание трубопровода и условия эксплуатации	17
1.2 Характеристика материала и его свариваемость	18
1.3 Выбор способа сварки	22
1.4 Выводы и постановка задачи работы.....	28
2 Конструкторский раздел.....	29
2.1 Оборудование для полуавтоматической сварки труб методом STT	29
2.2 Оборудование для полуавтоматической сварки труб порошковой проволокой типа Innershield.....	31
2.3 Выбор источника питания.....	35
2.4 Вспомогательное оборудование	38
2.5 Участок сварки трубопровода	44
3 Технологический раздел.....	46
3.1 Сущность процесса сварки STT	46
3.2 Сущность полуавтоматической сварки порошковой проволокой типа Innershield.....	53
3.3 Выбор сварочных материалов	55
3.4 Выбор режимов сварки.....	59
3.5 Технология сварочно-монтажных работ	61
3.6 Контроль качества.....	69
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	76
4.1 Потенциальные потребители результатов разработки технологии	76
4.2 Определение норм времени на сварку	77
4.3 Экономическая оценка сравниваемых способов сварки.....	83
5 Социальная ответственность	90
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	90
5.2 Производственная безопасность	92
5.3 Экологическая безопасность	100

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	101
Заключение	104
Список используемых источников.....	105
Приложение А Комплект технологической документации.....	109
Приложение Б Комплект чертежей.....	110

Введение

В настоящее время трубопроводный транспорт жидких и газообразных углеводородов занимает одно из ведущих направлений в интенсивно развивающемся топливно-энергетическом комплексе России. Ежегодно в нашей стране сооружаются десятки тысяч километров различных трубопроводов. Эксплуатация столь протяженных сооружений в чрезвычайно сложных природно-климатических условиях, с возможными серьезными последствиями в случае аварийных ситуаций обуславливает отнесение данных объектов к техногенно опасным системам. Поэтому к трубопроводам предъявляются высокие требования по обеспечению надежности и безопасности их функционирования.

Большая часть линейного магистрального трубопровода «Анжеро-Судженск-Красноярск», расположена в сложных инженерно-геологических условиях: болота различной мощности, заболоченные и обводненные территории, оползневые участки и площадки.

В связи с особыми сложными инженерно-геологическими условиями, магистральный трубопровод располагается на опорах [1].

На металл труб воздействуют экстремальные температурно-климатические факторы, что создает особые условия эксплуатации трубопровода, связи с этим, применяем усиленный тип заводского покрытия толщиной до 3 мм на основе полиуретановых смол.

Предметом данного бакалаврского проекта является последовательность выполнения сборочно-сварочных операций, а так же использование современных средств механизации и автоматизации, позволяющих повысить производительность сборки и сварки участка магистрального трубопровода диаметром 1020 мм в монтажных условиях.

Обзор литературы

1.1 Описание трубопровода и условия эксплуатации

Магистральный трубопровод расположен на территории Боготольского района Красноярского края.

Начало участка – 232,7 км МН «Анжеро-Судженск-Красноярск» расположено в 1,8 км южнее города Боготол.

Конец участка - 240,9 км МН «Анжеро-Судженск-Красноярск» расположен в 7 км восточнее города Боготол.

Вид строительства – реконструкция (таблица 1).

Таблица 1 – Основные показатели линейного объекта [2]

Трубопровод	Ø1020 мм
Толщина стенки	12 мм
Предел прочности	550 МПа
Предел текучести	410 МПа
Рабочее давление на выходе НПС «Каштан»	4,9 МПа
Проектная производительность	44,515 млн.т/год
Изоляция заводская полиэтиленовая	Пк40
Категория участка	I,II
Класс прочности	K56
Температура стенки трубы	min=3° C,max=20° C

Трубы для монтажа проектируемого участка трубопровода выбраны в соответствии с требованиями СП 36.13330.2012 «Магистральные трубопроводы» [3], ОТТ-23.040.00-КТН-051-11 «Трубы нефтепроводные большого диаметра. Общие технические требования» [4]:

- труба Ø 1020x12мм с классом прочности K56, с заводским трехслойным полиэтиленовым покрытием толщиной не менее 3,0 мм (тип 1).

В данном бакалаврском проекте магистральный трубопровод располагается на опорах, в связи с особенностями местности, которые

представляют собой сварные металлоконструкции. Опоры расположенные через каждые 4 метра по всей длине трассы трубопровода.

Участок магистрального нефтепровода состоит из линейной части, установленной на опорах, для подведения трубопровода к нефтеперекачивающей станции (рисунок 1).

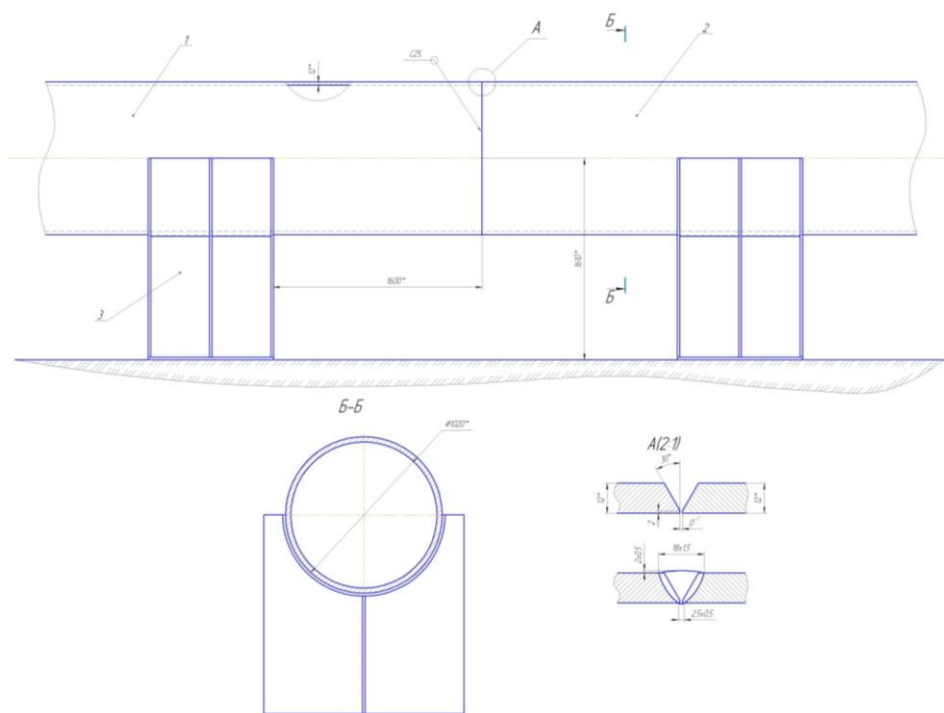


Рисунок 1 - Участок магистрального нефтепровода

Линейная часть 1,2 состоит из стальных прямошовных труб диаметром 1020 мм и толщиной стенки 12 мм, сваренных в непрерывную нитку; 3 - опоры.

1.2 Характеристика материала и его свариваемость

Одним из требований, предъявляемых к металлу труб, является обеспечение их необходимой свариваемости при монтаже магистральных трубопроводов.

Свариваемость определяется степенью соответствия свойств сварных соединений одноименным свойствам основного металла или их нормативным значениям.

Понятие «свариваемость» неразрывно связано с показателями свойств, обеспечивающих эксплуатационную надежность сварных соединений магистральных трубопроводов. Высокая надежность сварных соединений трубопроводов может быть обеспечена при условии, если они удовлетворяют следующим требованиям:

- не содержат горячих (кристаллизационных) и холодных трещин;
- стойки против хрупкого разрушения в любой зоне сварного соединения;
- равнопрочные с основным металлом;
- обладают регламентируемым уровнем деформационной способности;
- не содержат недопустимых дефектов.

Предотвращение образования горячих трещин обусловлено регулированием химического состава металла шва, условий и характера процесса кристаллизации и жесткости сварного соединения труб, определяющим запас пластичности в температурном интервале хрупкости. Обычно металл шва при сварке магистральных трубопроводов имеет необходимый запас технологической прочности и образование горячих трещин не является типичным при сварке современных трубных сталей, выполненной с применением рекомендованных сварочных материалов.

Появление холодных трещин при сварке связывают с мартенситным превращением, которое приводит к возникновению значительных внутренних напряжений и потере предельной пластичности. Существует также гипотеза водородной хрупкости при сварке, которая основана на значимости в этом процессе диффузионно-подвижного водорода.

Процесс образования холодных трещин характеризуется следующими особенностями:

- хрупким характером разрушения по границам зерен;
- разрушением, которое является замедленным и проявляется в значительно большей степени при малых скоростях нагружения или при постоянном уровне напряжений, меньших по величине, чем предел текучести;

– наибольшая вероятность образования холодных трещин имеется на участках основного металла вблизи линии сплавления корневого слоя шва.

При выборе материала трубопровода учитывались следующие факторы: трубопровод будет работать под непрерывным давлением, во время транспортировки нефтепродуктов, а место его монтажа находится на территории резко континентального климата с длительной холодной зимой. С учетом данных факторов была выбрана сталь 09ГБЮ, пригодная для изготовления электросварных прямошовных труб группы прочности K56 для магистральных газопроводов, нефтепроводов и нефтепродуктопроводов, которая может выдерживать нагрузки давлением при температурах до -60°C [5]. Химический состав стали 09ГБЮ приведен в таблице 2, а ее механические свойства в таблице 3.

Таблица 2 - Химический состав стали 09ГБЮ ГОСТ 19281- 2014 [6]

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Nb	Al	Cu
0,08 – 0,11	до 0,3	1,1 – 1,4	до 0,3	до 0,006	до 0,025	до 0,3	до 0,012	0,06 – 0,08	0,02 – 0,05	до 0,3

Таблица 3 - Механические свойства стали 09ГБЮ [6]

Марка стали	Временное сопротивление разрыву Н/мм ² (кгс/ мм ²), не менее	Предел текучести Н/мм ² (кгс/ мм ²), не менее	Относительное удлинение, d5", %, не менее	Ударная вязкость, Дж/см ² (кгс/см ²), не менее, при температуре испытания, не менее	
				KCV-40°C	KCU-60°C
09ГБЮ	550 (56)	390 (40)	23	59 (6)	59 (6)

Классификация M03(W03). Сталь конструкционная низколегированная перлитного класса с пределом текучести свыше 360 МПа для сварных конструкций.

С увеличением содержания углерода в трубных сталях повышается склонность сварных соединений к образованию холодных трещин. Такая же тенденция сохраняется и при повышении содержания водорода в сварочных

материалах. Рассматриваемые зависимости не являются линейными, что свидетельствует о комплексном влиянии хрупких микроструктур, уровня действующих напряжений и характера диффузии водорода.

Выполнение требований технологических инструкций, сформулированных, как правило, на основе экспериментальных исследований, гарантирует требуемую работоспособность сварных соединений магистральных трубопроводов [7].

Понятие химического эквивалента углерода используется для оценки склонности металла к образованию холодных трещин. В основу математического подхода к описанию химического эквивалента углерода было положено предположение, что свариваемость можно определить по показателю, определяющему, какое минимальное критическое время охлаждения необходимо, чтобы в металле шва образовалось 100 % мартенсита. Чем меньше подготовительного времени необходимо для образования 100 %-ой мартенситной структуры (т.е. чем выше критическая скорость охлаждения), тем лучше свариваемость и выше сопротивление образованию холодных трещин. Это свидетельствует о том, что подготовительные процессы, связанные с образованием холодных трещин, имеют диффузионный характер, и напрямую связаны с перераспределением водорода в металле шва. В случае малого инкубационного периода (1–10 с) образования мартенсита, водород быстро фиксируется в металле шва, однако его локальная концентрация оказывается не достаточной для инициирования образования холодных трещин. В случае длительного инкубационного периода образования мартенсита (1000–2000 с), времени оказывается вполне достаточно для охрупчивания свариваемого металла в результате действия водорода.

При малом инкубационном периоде, но последующей длительной выдержке, возможно постепенное перераспределение водорода, что и вызывает эффект замедленного разрушения [8].

Способы сварки стали 09ГБЮ: ручная дуговая сварка покрытыми электродами; автоматическая сварка под флюсом; механизированная сварка

плавящимся электродом в среде углекислого газа; электрошлаковая сварка. Рассмотрим некоторые из них.

1.3 Выбор способа сварки

Ручная дуговая сварка

Основной метод сварки неповоротных стыков магистральных трубопроводов, является ручная электродуговая сварка штучными электродами. Одними из основных причин долголетнего ее применения являются простота и мобильность метода, позволяющие свести к минимуму вспомогательные и подготовительно – заключительные операции.

Сварка неповоротных стыков трубопроводов, при толщине стенки 12 мм, происходит с выполнением трёх слоёв шва. Высота каждого последующего слоя не превышает 4мм, а ширина валика равна 2-3 диаметрам сварочного электрода.

Ручная электродуговая сварка применяется для труб всех диаметров. Но при ручной электродуговой сварки труб больших диаметров производительность резко снижается.

Основные недостатки ручной дуговой сварки:

- низкая производительность;
- потребность в привлечении большого количества высококвалифицированных сварщиков [1].

Полуавтоматическая сварка в защитных газах методом STT

Для сварки корневого шва, выбрана механизированная сварка типа STT. Процесс STT, разработанный компанией Lincoln Electric, является перспективной концепцией технологии сварки, использующей быстродействующую адаптивную схему управления элюарой сварочного тока (Waveform Control Technology™). Время реакции системы на изменения, происходящие в сварочной ванне, составляет единицы микросекунд. Тем самым параметры дуги при переносе каждой капли металла со сварочного электрода в сварочную ванну оптимизированы в каждый момент времени.

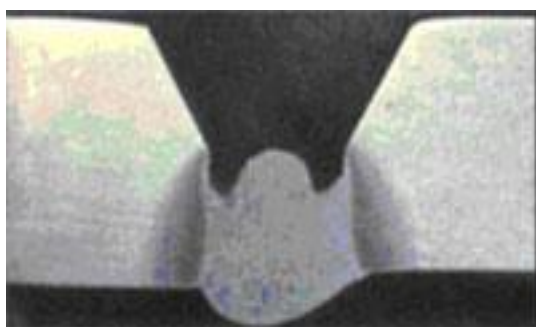
Сварка в защитном газе (CO_2) вследствие меньшей вероятности стекания расплавленного металла широко применяется при монтаже трубопроводов. Более узкая разделка кромок обеспечивает увеличение производительности сварочных работ [9].

Широкое распространение механизированной сварки обусловлено хорошей производительностью и высоким качеством выполнения сварных соединений этим способом. Полуавтомат состоит из сварочной горелки и устройства автоматизированной подачи сварочной проволоки. Передвижение горелки вдоль линии шва осуществляется вручную. То есть в полуавтоматической сварке только одна из операций механизирована – подача электродной проволоки [10].

Преимущества технологии сварки STT в сочетании с высокой гибкостью процесса сделали его идеальным для сварки корня шва снаружи.

Кроме того, процесс STT обеспечивает минимальное содержание диффузионного водорода в металле шва и разбрызгивание металла, что существенно расширяет диапазон свариваемых сталей и снижает вероятность водородного растрескивания.

Другим достоинством метода STT при выполнении корневого прохода на трубах большого диаметра является размер наплавляемого шва. За один проход наплавляется слой металла, соответствующий двум проходам (корневому и горячему) при использовании электродов с целлюлозным типом покрытия (рисунок 2).



а



б

Рисунок 2 – Поперечное сечение корневого шва, выполненного с помощью целлюлозного электрода (а) и методом STT (б) [10]

Во-первых, это обстоятельство ощутимо сокращает время сварки. Во-вторых, позволяет вывести внутренний центратор сразу после сварки корня, поддерживая, таким образом, высокий темп строительных работ. При этом внешняя поверхность корневого шва свободна от шлака (требуется лишь незначительная зачистка проволочной щеткой), и не имеет так называемых «карманов» - зашлакованных продольных канавок, расположенных по краям шва в местах сплавления с основным металлом, характерных для все той же сварки целлюлозными электродами. Мы производим сравнение именно с этим типом электрода, поскольку оба эти метода имеют близкие скорости сварки. Выполнение корневого шва электродами с основным типом покрытия не имеет указанных недостатков, но более чем в два раза медленнее STT. Главное преимущество сварки основным электродом - относительно низкое содержание диффузионного водорода в металле шва. Однако, сварочный процесс STT, выполняемый полуавтоматически проволокой сплошного сечения в среде защитного газа, по данным компании-производителя, превышает этот показатель качества. Исследования, проведенные при аттестации метода, подтверждают это обстоятельство.

Среди других особенностей процесса STT следует выделить сокращение общего тепловложения в свариваемую деталь, крайне низкий уровень разбрызгивания и дымообразования. При этом большинство сварщиков отмечают легкость управления сварочной ванной. Процесс во многих случаях просто менее трудоемок и не требует особых навыков. Высокие показатели качества и стабильности наплавки достигаются при защите дуги и сварочной ванны наиболее дешевым углекислым газом, поскольку метод оптимизирован именно для типа переноса металла сериями коротких замыканий, характерного для CO₂ [11].

Недостатки способа STT:

- высокая стоимость сложной инверторной сварочной техники; дорогостоящее программирование параметров сварочного режима при необходимости сварки в нестандартном для данного сварочного аппарата режиме и сложность технического обслуживания;

- сварочным аппаратом осуществляется изменение циклограммы тока сварочной дуги, что обуславливает невозможность использования импульсных режимов и низкую надежность при длинных соединительных кабелях (более 25 м от источника питания до подающего механизма), что в свою очередь накладывает серьезные технологические ограничения, снижение производительности сварочного процесса как минимум на 25 % из-за уменьшения времени свободного горения сварочной дуги и наличия значительного количества коротких замыканий [10].

Механизированная сварка Innershield

Для сварки «горячего», заполняющего и облицовочного слоев, в данной бакалаврской работе, применяется механизированная сварка типа Innershield.

Использование такой электродной проволоки вместо стандартных электродов, позволяет получать разные соединения, в том числе заполняющие и облицовочные. Проволока используется сварщиками при сваривании труб, диаметр которых может находиться в диапазоне от 325 миллиметров до 1220. Отметим, что сварка самозащитной проволокой подходит для работы с разными стыками: поворотными и неповоротными.

Особенности сварки самозащитной проволокой. К главным особенностям сварки самозащитной порошковой проволоки (в том числе и полуавтоматической) относят следующие достоинства:

- скорость (линейная) сварочного процесса высока и составляет порядка 14-20 метров в час;

- использование проволоки дает возможность сварщикам форсировать весь процесс соединения металлоизделий. Так, например, проволока с диаметром 1,98 миллиметров позволяет повысить производительность наплавки металла на

75 процентов (если сравнивать этот показатель с производительностью ручной сварки электродом в 4 миллиметра);

- повышенная эффективность работы. Объясняется тем, что сварщику нет необходимости тратить лишнее время на смену электродов. Проволока подается из специальной катушки;

- использование при таком способе сварки тока более высокой плотности позволяет исправить дефекты, что снижает процент ремонта швов;

- такая сварка может осуществляться даже при сильном ветре;

- отсутствие (или значительное сокращение) дефектов, связанных с обрывом дуги при замене электродов;

- самозащитная проволока не нуждается в предварительной сушке перед началом сварочных работ;

- позволяет проводить сварку захлестов;

- простота техники сваривания.

Не лишен этот процесс и некоторых недостатков, о которых также следует упомянуть:

- сварка с некоторыми видами самозащитной проволоки и высокими токами может сопровождаться разбрызгиванием металла. В таких случаях рекомендуется надевать специальную защитную одежду;

- сваривание металлоизделий самозащитной проволокой может сопровождаться значительными аэрозольными выделениями.

Варианты сварки самозащитой проволокой. Отметим, что такая порошковая проволока применяется в разных комбинированных вариантах сварки металлоизделий. Перечислим основные:

- первый вариант, когда корневой валик шва делается электродом с покрытием, а последующие – проволокой;

- второй вариант, когда используется электрод с целлюлозным покрытием для создания корневого валика и «горячего» прохода. Остальные валики также выполняются самозащитной порошковой проволокой;

- третий заключается в том, что электродом с целлюлозным покрытием выполняется только корень шва, «горячий проход», а также все остальные слои сварочного соединения делаются при помощи проволоки;

- четвертый вариант, предполагает использование для создания корневого валика способа сварки в среде углекислого газа, все остальные слои сварочного шва выполняются самозащитной проволокой.

Сам процесс сварки самозащитной проволокой, за исключением создания корневого шва, осуществляется традиционным способом в несколько слоев. В процессе сварки может изменяться угол наклона, сила тока и длина дуги [12].

Из всех существующих способов сварки магистральных трубопроводов невозможно выделить единственный, который бы удовлетворял всем экономическим, технологическим и эксплуатационным требованиям. Из приведенного выше краткого обзора существующих способов сварки магистральных трубопроводов, следует, что для соединения труб значительный эффект при сварке в среде защитных газов достигается вследствие меньшей вероятности стекания расплавленного металла. В связи с выше изложенным, для сварки корневого слоя, я выбрал полуавтоматическую сварку в среде защитных газов методом STT исходя из следующих критериев:

- источник автоматически обеспечивает оптимальные форму и параметры импульсов тока, поддерживая контроль над каждой каплей наплавляемого металла;

- спектр свариваемых материалов очень широк - стали, нержавеющие стали, алюминий, никелевые сплавы и т. д.;

- оборудование позволяет снизить требования к профессионализму сварщика и в то же время обеспечивает повышенную производительность и качество сварочных работ. Технология управления формой и параметрами импульсов сварочного тока Wave Control обеспечивает оптимальное течение сварочного процесса, т. е. для каждого типоразмера проволоки и материала сварочные свойства источника устанавливаются оптимальными для получения наилучших результатов сварки [10].

Для заполняющего и облицовочного слоев, я выбрал полуавтоматическую сварку самозащитной проволокой типа Innershield.

При работе с Innershield исключается необходимость первоначальных инвестиций и последующих затрат, связанных с установкой и эксплуатацией системы снабжения защитных газов. Сокращаются затраты на приобретение газов и дорогих горелок. При этом следует учесть, что действительный расход защитного газа, при проведении сварочных работ, значительно выше, чем расчетный. Исчезают проблемы с качеством сварки, вызываемые ранее потерей газовой защиты ванны при работе на открытом воздухе.

Скорость (линейная) сварочного процесса высока и составляет порядка 14-20 метров в час.

Снижение затрат на выполнение сварочных работ, достигающее $1/3$, а иногда и $1/2$, является типичным явлением при замене процесса сварки обычными ручными электродами на работу проволокой Innershield.

1.4 Выводы и постановка задачи работы

Рассмотрев вопросы о свариваемости трубных сталей и возможные способы сварки, для сварки корневых швов трубопровода, выбрана полуавтоматическая сварка в среде защитных газов методом STT. Для заполняющих и облицовочных швов – полуавтоматическую сварку самозащитной проволокой Innershield.

Выбранные методы позволяют получить качественные сварные соединения с требуемыми свойствами.

Для разработки процесса сварки труб в среде защитных газов и самозащитной порошковой проволокой необходимо:

- разработать технологический процесс;
- выбрать сварочные материалы;
- подобрать основное сварочное и вспомогательное механическое оборудование.

Конструкторский раздел

2.1 Оборудование для полуавтоматической сварки труб методом STT

Фирмой «Lincoln Electric», США, был разработан специальный комплект оборудования, предназначенный для полуавтоматической сварки методом STT в среде углекислого газа.

В состав комплекта оборудования входит три основных функциональных блока - источник питания, механизм подачи проволоки и сварочная горелка со шлангами и кабелями.

Комплект оборудования для сварки методом STT, выпускаемый фирмой The Lincoln Electric Company, включает следующее оборудование:

- специализированный источник питания Invertec STT-II;
- подающий механизм STT-10;
- сварочную горелку Magnum;
- баллон с углекислым газом высшего или первого сорта;
- редуктор с расходомером и подогревателем газа [13].

Специально для этого процесса разработан 225-амперный инверторный источник питания Invertec STT II, реализующий технологию управления формой сварочного тока.

При сварке за счет регулирования определенным способом эпюры выходного тока - Waveform Control Technology (что-то вроде импульсно-дуговой сварки) добиваются вышеуказанных преимуществ. Invertec STT – II отличается от обычных сварочных источников, он не является ни источником с жесткой характеристикой, ни источником с крутопадающей характеристикой. Аппарат имеет обратную связь, которая отслеживает основные этапы переноса капли и мгновенно реагирует на процессы, происходящие между электродом и сварочной ванной, изменяя величину и форму сварочного тока. Установка сварочного тока и скорости подачи проволоки выполняются независимо. Установка значения пикового тока позволяет регулировать длину дуги и достигать хорошего сплавления. Установка значения базового тока определяет

форму шва и общее тепловложение. Источник позволяет применять проволоку большего диаметра, чем при традиционном процессе, и повысить скорость сварки [2].

Для подачи проволоки, выбираем механизм STT-10. STT-10 – это полуавтоматический механизм подачи, который гарантирует точную настройку сварочных параметров по процессу STT. Данное устройство специально разработано для комплектации с революционным источником питания Invertec STT – II. Микропроцессор механизма подачи проволоки, производит автоматическую настройку оптимальных режимов сварки.

Преимущества:

- имеет возможность предварительной установки пикового и базового тока, а также скорости подачи проволоки, и ряда вспомогательных параметров для оптимизации начала сварочного процесса;
- четырехроликовый механизм гарантирует стабильную подачу проволоки;
- модульный дизайн механизма подачи позволяет легко и просто встраивать его в различное оборудование;
- система управления позволяет удерживать сварочный процесс на заданном уровне;
- четырехступенчатый триггер для управления процессом сварки при длительной сварке и при сложном автоматизированном процессе [14].

Возможность регулировки следующих параметров:

- времени предварительной подачи газа;
- скорости подвода проволоки к свариваемой детали;
- времени импульса при точечном режиме сварки;
- времени поддержания длины дуги в конце сварочного цикла;
- времени продувки газа [15].

Основные технические параметры полуавтоматического механизма подачи проволоки STT - 10, приведены в таблице 4.

Таблица 4 - Технические параметры полуавтоматического механизма подачи проволоки STT – 10 [15]

Модель	Ø проволоки	Ток сварки	Скорость подачи	Габариты	Вес
STT-10	0,6 ÷ 3,0 мм	до 600 Ампер	0,9 ÷ 12,7 м/мин	406 х 381 х 787	29,7 кг

Выбираем сварочную горелку, приняли сварочную горелку Lincoln Electric Magnum 200. Сварочная горелка Lincoln Electric Magnum 200 легкая, удобная, с воздушным охлаждением. Подвод кабеля к держaku и конектору защищен фторопластом. Поставляются с разъемами к механизмам подачи сварочной проволоки Lincoln Electric или евро разъемами (маркер FM) и переходниками к подающим другим производителям (таблица 5).

Таблица 5 - Технические характеристики горелки Lincoln Electric Magnum 200 [15]

Рабочий цикл на номинальной мощности, %	60
Номинальная мощность, А	200
Тип горелки	стандартная
Диаметр проволоки, мм	0,6-1,2
Охлаждение	воздушное
Габаритные размеры, мм	85,9х495,3х469,9
Вес, кг	4,1
Артикул производителя	K479-1

2.2 Оборудование для полуавтоматической сварки труб порошковой проволокой типа Innershield

Процесс полуавтоматической сварки осуществляется при использовании комплектов оборудования, специально предназначенных для сварки порошковой проволокой типа Innershield, выпускаемых фирмой «Lincoln Electric» (США).

В состав комплекса оборудования должны входить три основных функциональных блока - источник питания, механизм подачи проволоки и сварочная

горелка со шлангами и кабелями. Для сопряжения источника питания и механизма подачи сварочной проволоки служит специальное устройство - адаптер.

Источники питания. К источникам питания для сварки самозащитной порошковой проволокой предъявляются следующие специальные требования:

- обеспечивать процесс сварки при жесткой характеристике дуги;
- осуществлять процесс сварки при постоянном напряжении на дуге;
- осуществлять сварку на низком напряжении (17-19 В) при колебаниях напряжения $\pm 0,5$ В;
- обеспечивать стабильный процесс сварки в течение всего рабочего дня при токах до 300 А;
- иметь цепи сопряжения с устройством подачи проволоки.

Ниже приведены модели источников, которые отвечают предъявляемым требованиям и могут быть использованы для сварки самозащитной порошковой проволокой. В случае проведения работ с использованием многопостовых сварочных агрегатов (АС-81, АС-42, АЭП-52 и т.д.) рекомендуется использовать в качестве источников питания тиристорные выпрямители Idealarc DC 400, DC 600, Invertex V350. При этом источники питания устанавливаются в необходимом количестве непосредственно на сварочном агрегате (2 или 4 в зависимости от мощности станции и схемы организации работ). Мощность, потребляемая одним источником, - 8... 10 кВт.

Для заполняющих и облицовочных швов, целесообразнее применение сварочного источника питания Idealarc DC-400.

Для сварки трубопроводов в трассовых условиях рекомендуется использовать подающие механизмы моделей LN-23P.

Подающий механизм LN-23P, представляет собой портативное и имеющее небольшой вес устройство для подачи проволоки, предназначенное для сварки проволокой типа Innershield размером 068" и 5/64" (1,7 и 2,0 мм).

Механизм подачи проволоки LN-23P включает в себя:

- подающий механизм;

- откалиброванный регулятор скорости подачи электродной проволоки (30-170 дюймов/мин, что составляет ~ 75-425 см/мин);
- барабан для катушки с проволокой;
- аналоговый вольтметр;
- регулятор напряжения;
- блок управления;
- управляющий и силовой кабели стандартной длиной -15 м (возможна поставка кабелей большей длины).

Электронные платы подающего механизма залиты специальным герметизирующим составом, позволяющим использовать оборудование в условиях пыли, грязи, влаги.

Для подачи проволоки от полуавтомата LN-23P к зоне сварки предусмотрено использование горелок (в комплекте со шлангом и кабелями) моделей K345-10 и K355-10 с двухрежимным переключателем. В связи с тем, что горелка K355-10 рассчитана на максимальный сварочный ток 250 А, а процесс сварки с применением проволоки диаметром 1,7 мм осуществляется на токах 190-230 А, применение горелки хотя и возможно, но не рекомендуется в связи с быстрым нагревом рукоятки. Поэтому для сварки я буду использовать горелку K345-10, рассчитанную на 350 А и нагревающуюся значительно медленнее.

Длина шланга от полуавтомата до горелки составляет 3 метра. На рукоятке горелки установлен двухпозиционный переключатель. В стандартном положении переключателя сварка ведется на предварительно-установленных на блоке управления полуавтомата значениях сварочного напряжения и скорости подачи проволоки. Установленный таким образом режим следует поддерживать при сварке труб в положении 0...4 ч (0...5 ч). При установке переключателя во второе положение скорость подачи проволоки понижается примерно на 20 %, что отвечает необходимым параметрам сварки в потолочном положении.

Соединение источника питания с механизмом подачи проволоки следует осуществлять только через специальное устройство - адаптер. Адаптер служит для соединения электрических цепей источника питания и механизма подачи

проволоки. Одновременно адаптер позволяет подсоединить два механизма подачи проволоки к одному источнику питания. Однако при этом механизмы подачи проволоки могут работать только последовательно. Соединение всех моделей источников к механизму подачи проволоки LN-23P осуществляется через одни и те же модели адаптеров - K350 или K350-1. Конструкции адаптеров аналогичны, различие состоит лишь во входных клеммах адаптера. В модели K350 - это пучок проводов (обычно поставляется для соединения с источником питания DC-400), а в модели K350-1 - это 14-штырьковый разъем, который соединяется с аналогичным разъемом на панели управления источника, предназначенным для подсоединения блока дистанционного управления (обычно поставляется для соединения с источником питания Invertec V300-I). Адаптер следует устанавливать на верхней поверхности источника питания или в другом удобном месте таким образом, чтобы управляющий кабель адаптера можно было подключить к соединительной колодке источника (или разъему дистанционного управления). Адаптер фиксируется на поверхности источника через специальную противоударную плату.

Перед началом работ необходимо на механизме подачи сварочной проволоки установить два параметра сварочного процесса - напряжение и скорость подачи проволоки. При этом следует учитывать, что регулятор скорости подачи проволоки отградуирован в американских единицах измерения скорости - дюймах в минуту. При использовании комплекта оборудования с Idealarc DC-400, подающий механизм может быть установлен непосредственно на землю. Предпочтительным является вариант размещения подающего механизма в палатке, подвешенной на стреле энергопоезда и подведенной непосредственно к зоне сварки. Особенностью самозащитной порошковой проволоки являются повышенные требования к строгому соблюдению заданных параметров процесса сварки, в частности к стабильности сварочного напряжения (колебания напряжения на дуге более ± 1 В отрицательно влияют на качество формирования сварного шва), ограничению размера сварочной ванны, поддержанию определённой величины вылета электрода и др. Данный вид

сварки требует применения сварочного оборудования, способного обеспечивать заданную стабильность параметров процесса, а также строгого соблюдения рекомендованных режимов и технологии сварки [2].

2.3 Выбор источника питания

Основной особенностью источника Invertec STT II является точное «покапельное» управление процессом дуговой полуавтоматической сварки обеспечивает целый ряд преимуществ перед традиционными способами сварки. Сварочный аппарат Invertec STT II – представляет новую версию источника Invertec STT с возможностью управления объемом наплавки. Внешний вид источника Invertec STT II и подающего механизма STT-10 показан на рисунке 3.

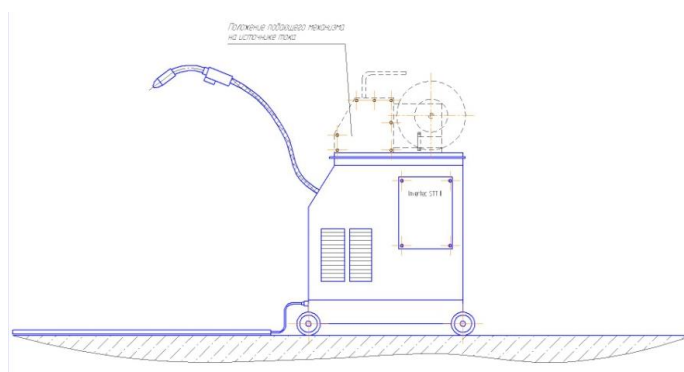


Рисунок 3 - Внешний вид источника Invertec STT II и подающего механизма STT-10

Аппарат Invertec STT II оснащен дополнительным регулятором заднего фронта волны импульса сварочного тока. Данная функция позволяет выполнять сварные швы с более высокими скоростями и объемами наплавки, в отличие от оригинала.

Применение технологии управления формой сварочного тока позволяет в считанные микросекунды отстроить величину сварочного тока. Точный контроль тока в течении всего сварочного цикла минимизирует или совсем исключает основные недостатки сварки сплошной проволокой короткими

замыканиями в среде защитного газа. Процесс STT реализует перенос металла в сварочную ванну посредством сил поверхностного натяжения расплавленного металла. Отстройка действующей величины сварочного тока полностью основывается на тепловых потребностях дуги в каждый отдельный момент всего цикла переноса. С STT II могут использоваться различные сварочные материалы, включающие сплошную и порошковую проволоку для сварки обычных и нержавеющей сталей, никелевых сплавов и кремнистой бронзы. Уровень разбрызгивания при сварке STT, использующей в качестве защитного газа CO_2 , ниже, чем при сварки сплошной проволокой в смесях аргона. Аппарат предназначен как для полуавтоматической, так и для автоматической сварки. Весьма эффективно его применение в сварке с использованием робототехники, где его особенности, указанные выше, крайне важные технические параметры источника показаны в таблице 6.

Таблица 6 - Основные технические параметры источника STT II [14]

Диапазон регулирования пикового тока, А	0-450
Диапазон регулирования базового тока, А	0-125
Напряжение холостого хода, В, не более	85
ПВ, %	
- при среднем токе 225 А	60
- при среднем токе 200 А	100
Номинальная потребляемая мощность, кВт	6,84
Габаритные размеры, мм	589 x 336 x 620
Масса, кг	53

Источник позволяет решить проблемы с высоким уровнем разбрызгивания и дымообразования, прожогами, регулировкой тепловложения, плохой сборкой стыка, а также осуществлять ремонт сварного соединения.

Регулировки: скорость подачи, напряжение дуги, время импульса, переключатель 2-4х тактный режим работы горелки, кнопка продува газа [15].

Рассматривая источники питания для сварки «горячего», заполняющего и облицовочных слоев, я остановился на тиристорном выпрямителе DC 400 предназначенный для полуавтоматической сварки сплошной и порошковой

проволокой, сварки под флюсом, сварки штучным и неплавящимся электродом, строжки.

Сварочный источник питания Idealarc DC-400, представляет собой трехфазный трансформатор-выпрямитель с тирристорным управлением, обеспечиваемым одним потенциометром плавной регулировки выходной мощностью во всем ее диапазоне. Технические характеристики Idealarc DC-400 представлены в таблице 7.

Таблица 7 - Технические характеристики Idealarc DC-400 [15]

Наименование параметра	Значение
Сварочный ток / Напряжение. / ПВ	400 А/36 В/100 % 450 А/40 В/60 % 500 А/40 В/50 %
Диапазон рег. сварочного тока, А	60-500
Габаритные размеры ВхШхД, мм	698 х 566 х 840
Вес, кг	215

Дополнительным аксессуаром, повышающим удобство работы с машиной, является устанавливаемый при изготовлении или в процессе эксплуатации процесс-переключатель. Этот трехпозиционный переключатель позволяет быстро и удобно поменять полярность процесса сварки и перенастроить машину с автоматической на полуавтоматическую сварку, на сварку штучным электродом или воздушную строжку.

Аппарат Idealarc DC-400 имеет целый ряд неоспоримых плюсов. Среди них:

- высокая эргономичность, что делает процесс сварки невероятно удобный и продуктивным. С помощью одной кнопки можно легко переключаться с одного режима на другой. Жесткая ВАХ – SAW, жесткая ВАХ - MIG/MAG/FCAW, падающая ВАХ - MMA/TIG/CAC-A;

- применение особой системы контроля фиксированной дуги Arc Force Control. С помощью нее устанавливается ток короткого замыкания, как для жесткой, так и для мягкой дуги во время падения вольтамперного показателя;

- наличие системы Arc Control, которая помогает реализовать эффективное управление дугой во время сварки в среде защитных газов, а также посредством порошковой проволоки. Кроме того, данная технология дает возможность контролировать образование искры, следить за пинч-эффектом, регулировать форму шва и текучесть металла.

Надежные системы позволяют значительно продлить срок повторяющихся настроек. Для стабилизации выходных сварочных характеристик имеет место 10% компенсация напряжения в сети. При проектировании аппарата значительное внимание уделялось внешней эргономике, благодаря чему Idealarc DC-400 легко помещается в целевом пространстве, экономя много места.

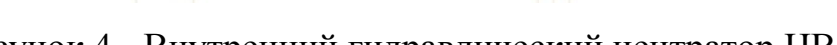
2.4 Вспомогательное оборудование

Для центровки торцов труб, при сборке неповоротных стыков трубопровода, я применяю внутренний гидравлический центратор. Внутренний центратор придает торцам, собираемых труб, форму окружности, обеспечивая их концентричную сборку, равномерно распределяя разность периметров.

Преимущество внутренних центраторов по сравнению с наружными состоит в том, что стык, оставаясь открытым, позволяет вести сварку первого слоя непрерывно и использовать сварочные полуавтоматы. Внутренние центраторы имеют электрогидравлический привод и два независимых ряда центрирующих жимков (кулачков).

Питание всех центраторов осуществляется от сварочных агрегатов постоянного тока.

Сборка под сварку труб магистрального трубопровода является ответственной операцией, во многом определяющее качество шва. Поэтому в



Ремонт: 3. Кодовая: 3. Электропривод: 4. Гидравлика: 5. Клине

Трубопроводы Kamatsu D355C. Для выполнения работных полемно

Получено редакцией 11.05.2016 г.



Спецтехника, выпущенная японским машиностроительным комплексом Komatsu, получила широкое распространение и востребована покупателями. Она имеет большую область применения, отличается хорошими техническими характеристиками, может работать при довольно низких температурах. Разработчики позаботились о комфортных условиях оператора, а также предусмотрели надежную систему безопасности.

Популярность и надежность Komatsu D355C стали следствием использования в данной модели мощной конструкции ходовой части и усовершенствованной гидравлической системы. Высокотехнологичная ходовая часть благодаря К образной конструкции тележек катков поддерживает постоянный контакт катка и звена гусеницы, обеспечивая повышенную устойчивость трубоукладчика и эффективную передачу тягового усилия.

Привод механизмов навесного оборудования гидравлический.

Трубоукладчик Komatsu D355C-3 имеет гусеничную ходовую часть подобную к гусеничному крану ДЭК 323, который пользуется огромной популярностью. Установлена независимая подвеска с поперечной балансирной балкой.

Отличительной особенностью спецтехники является оборудование, используемое для укладки трубопроводов. Машина отличается большой грузоподъемностью, которая составляет 92 тонны, поэтому лучше всего подходит для крупномасштабных строек, где происходит сварка, укладка труб крупного диаметра.

В трубоукладчике применены материалы, позволяющие его эксплуатировать при температуре от +40 до -60° С.

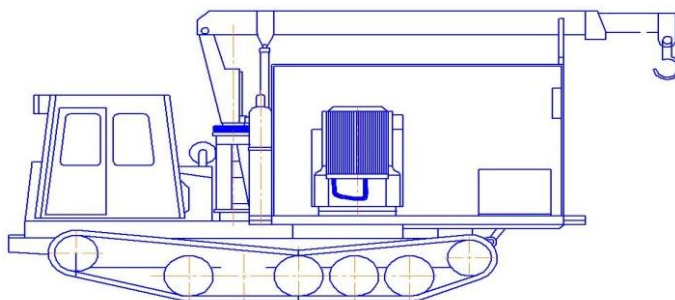
Сварочная палатка. Полуавтоматическая сварка должна производиться в специальных палатках для обеспечения защиты зоны сварки от осадков и во избежание сдувания ветром потока защитного газа.

Палатка сварщика представляет собой небольшой шатер, позволяющий осуществлять целый комплекс сварочно-монтажных работ, вне зависимости от погодных условий.

В качестве основания палатки используется легкий, но достаточно надежный и прочный каркас. Легкий металлический каркас такой палатки легко монтируется. Благодаря различным конфигурациям палаток и укрытий для сварщиков, их можно адаптировать для работы в сложных промышленных условиях.

Палатка защищает место сварки от ветра, пыли, дождя и снега. Вентилятор служит для удаления дыма образующегося при сварке. В случае атмосферных осадков сваренный стык следует укрывать термоизолирующим поясом до полного остывания стыка. Ремонт стыков, сваренных с использованием комбинированной системы сварки, следует осуществлять электродами с основным видом покрытия.

Самоходная энергетическая машина АСТ-4-А. Самоходная энергетическая машина АСТ-4-А сделана на базе шасси трактора ТТ-4М. В зависимости от комплектации, предназначен для четырехпостовой ручной дуговой сварки покрытыми электродами или полуавтоматической сварки порошковой проволоки или сварки в среде защитных газов неповоротных стыков стальных труб диаметром до 1420 мм, сушки и прокалки электродов, питания переменным электрическим током переносного электроинструмента, а так же для выполнения других сварочных работ (рисунок 6).



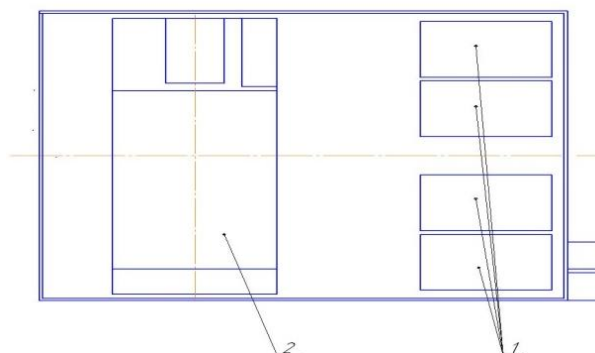


Рисунок 6 - Самоходная энергетическая машина АСТ-4-А

1 - источник питания DC 400; 2 - генератор дизельный ЯМЗ-238

Агрегат состоит из базового трактора, кузова-фургона и поворотной стрелы.

Базой агрегата является трактор без трелевочного оборудования. К раме трактора крепится рама агрегата, на которой смонтирован теплоизолированный кузов-фургон.

Внутри кузова находится электростанция (2) и сварочные выпрямители (1). Электростанция и сварочные выпрямители установлены на выдвижных рамах для удобства их монтажа (демонтажа).

Поворотная стрела предназначена для перемещения палатки сварщика в зону сварки стыка. На стреле с помощью приварных скоб крепятся сварные кабели от сварочных выпрямителей, размещенных в кузове агрегата, к постам сварки, находящимся в палатке.

В задней части агрегата расположена площадка для размещения 4 баллонов с кислородом и 2 баллонов с пропаном. Подъем и опускание площадки осуществляется при помощи лебедки с ручным приводом.

Агрегат может использоваться в полевых условиях при температуре окружающего воздуха от -40°C до $+40^{\circ}\text{C}$ и относительной влажностью воздуха 95%.

Термозащитный пояс. Теплоизоляционный пояс (ТЗПс-1020) ТУ 5769-021-78959293-11 предназначен для теплоизоляции и термостабилизации зоны сварного стыка (медленное охлаждение) для предупреждения образования холодных трещин, остаточных напряжений и деформаций.

Основные параметры и размеры теплоизоляционного пояса (ТЗПс-1020) приведены в таблице 8.

Таблица 8 - Основные параметры и размеры ТЗПс-1020 [11]

Наименование изделия	Диаметр трубопровода Ø, мм	Длина L, мм	Ширина В, мм	Толщина Н, мм	Масса, кг
ТЗПс-1020	1020	3600±100	300	30±5	3,5±01

Изготовленный методом сшивания и состоящий из чехла-корпуса и теплоизоляционного слоя, расположенного внутри чехла-корпуса, длиной (L) 1000-5000 мм (зависит от диаметра трубопровода на котором используется), шириной (В) 200-700 мм, толщиной (Н) 10-40 мм. Рабочая поверхность чехла-корпуса пояса (состоящая в контакте с поверхностями трубопровода) изготовлена из огнеупорных тканей и рассчитана на температуру эксплуатации до 1100° С. Теплоизоляционный слой пояса содержит несколько слоев теплоизоляционной ткани (материала) с низким значением теплопроводности (0,05 Вт/м*К и ниже). Термозащитный пояс для защиты сварного шва фиксируется на трубопроводе с нахлестом.

Фиксатор состоит из ремней расположенных с одной стороны на внешней стороне изделия, которые закрепляются на пряжках расположенных с противоположной стороны изделия. Фиксатор может состоять из цепей, шнуров, ленты контактной (липучка), расположенных с одной стороны на внешней стороне изделия, которые закрепляются на крюках, пряжках, или ответной части ленты контактной расположенных с противоположной стороны изделия [16].

2.5 Участок сварки трубопровода

При сварке в трассовых условиях оптимально технологическому процессу соответствует поточно-расчлененный метод сборки и сварки (рисунок 7)

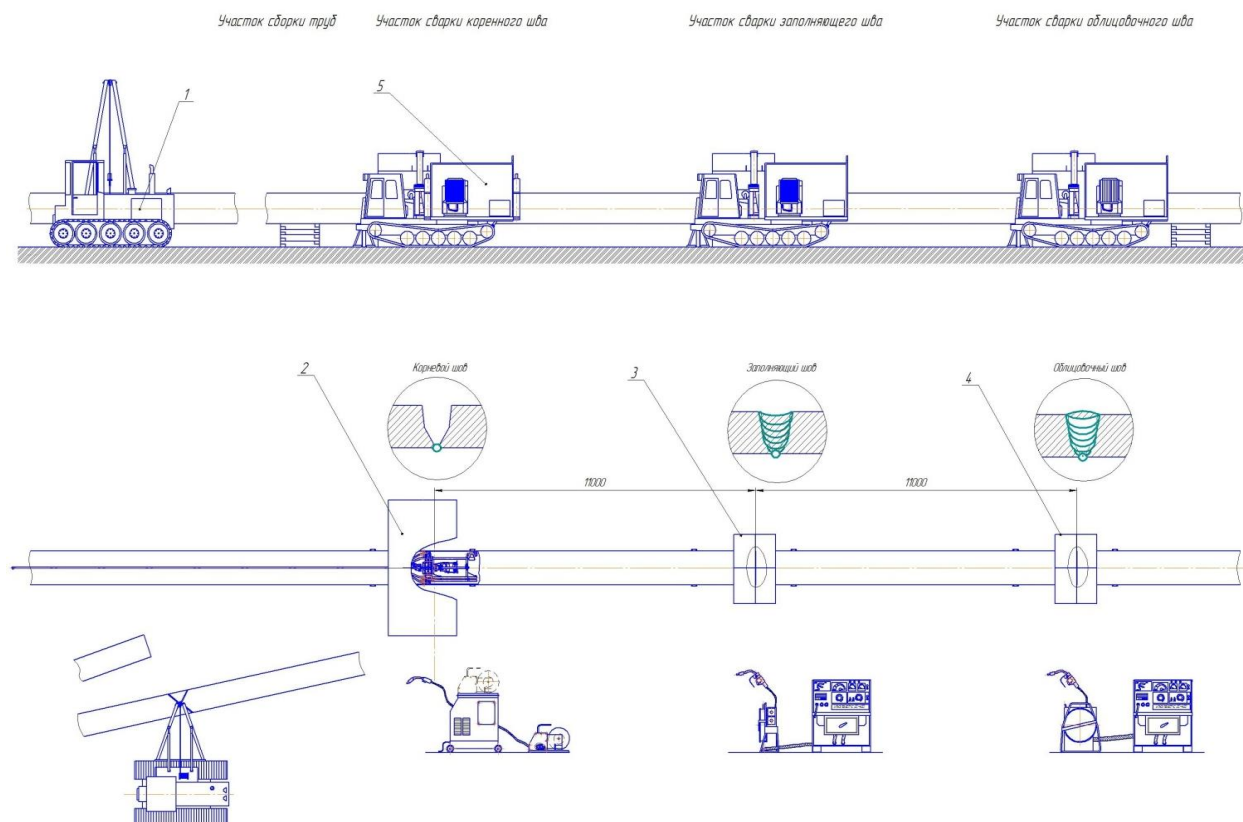


Рисунок 7 - Поточно-расчлененный метод сборки и сварки

- 1 - трубоукладчик Komatsu-D355C; 2 - сварка коренного шва методом SST;
3 - сварка заполняющего шва порошковой проволокой типа Innershield; 4 -
сварка облицовочного шва порошковой проволокой типа Innershield; 5 -
самоходная энергетическая машина АСТ-4-А

Этот метод заключается в следующем: на участке сварки коренного слоя шва методом STT (2) происходит центровка труб с последующей сваркой и зачисткой корневого слоя шва, после чего производится переезд на следующий стык, на участке сварки заполняющих слоев производится сварка порошковой проволокой типа Innershield (3) и зачистка после каждого прохода; на последнем участке производится сварка облицовочного слоя (4) и окончательная зачистка

шва [2]. Сварка методом STT и Innershield, в каждой палатке, производится двумя сварщиками одновременно.

3 Технологический раздел

3.1 Сущность процесса сварки STT

Область применения. Способ полуавтоматической сварки методом STT предназначен для односторонней полуавтоматической сварки корневого слоя шва неповоротных и поворотных стыков труб проволокой сплошного сечения в среде углекислого газа. Применяют метод STT, для труб диаметром от 325 до 1220 мм с толщиной стенок до 20 мм включительно, а также для сварки всех слоев шва стыков аналогичных диаметров с толщинами стенок до 8 мм включительно [9].

Процесс STT - преемник обычного процесса полуавтоматической сварки в среде защитного газа, реализующего метод переноса короткими замыканиями. Однако STT принципиально отличается от него возможностью прямого управления условиями переноса наплавляемого металла в сварочную ванну. Эта возможность обеспечивается быстродействующей инверторной схемой источника питания, специальным электронным микропроцессорным модулем, принудительно задающим необходимый уровень сварочного тока и контуром обратной связи, динамично отслеживающим изменения напряжения на дуге. В течение всего цикла переноса капли в сварочную ванну величина сварочного тока жестко зависит от фазы формирования и перехода последней. Идентификация фазы переноса осуществляется за счет обработки величины напряжения постоянно снимаемого с дугового промежутка.

Рассмотрим подробнее влияние основных параметров сварочного режима на процессы, происходящие в дуговом промежутке. Как уже было отмечено, перенос наплавляемого металла происходит сериями коротких замыканий. Каждое замыкание проволоки в сварочную ванну – цикл переноса - удобно разбить на несколько характерных этапов.

На рисунке 8, представлены стадии переноса электродного металла и типичные формы кривых тока и напряжения при сварке STT.

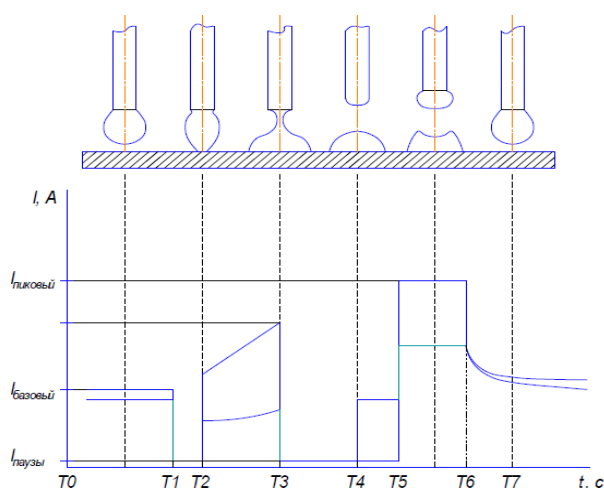


Рисунок 8 - Стадии переноса электродного металла и типичные формы кривых тока и напряжения при сварке STT [9]

Подготовка капли. Продолжительный этап действия базового тока на уровне 50 –100 А и подготовка капли к моменту короткого замыкания. На этом этапе под действием сил поверхностного натяжения форма капли приближается к правильной сфере, создавая тем самым благоприятные условия для плавного объединения со сварочной ванной. Управление величиной базового тока несёт в себе две основные функции.

Во-первых, он должен обеспечить дугу количеством энергии, достаточным для преодоления потерь на излучение и поддержание определенного объёма расплавленной на конце электрода капли. Если базовый ток слишком низок, это приводит к кристаллизации верхней части капли и уменьшению её объёма. Более того, это может привести даже к полной кристаллизации капли и, как следствие, к нестабильности всего процесса и утеканием проволоки в дно сварочной ванны. Во-вторых, от уровня базового тока зависит степень общего разогрева свариваемого изделия. Действие базового тока похоже на влияние сварочного напряжения при обычной полуавтоматической сварке.

При повышении обоих параметров сварочный шов теряет выпуклость, приобретает более низкую и плавную форму. Это происходит за счёт увеличения разогрева зоны дуги и повышения текучести металла. Однако, увеличение базового тока более 120 А приводит к значительному повышению

разбрызгивания. Оптимальная величина базового тока зависит от типа защитного газа (понижается с переходом на смеси аргона), материала, диаметра и скорости подачи сварочной проволоки. Установка оптимального для тех или иных условий базового тока в процессе работы, а именно его соответствие заданной скорости подачи проволоки, имеет принципиальное значение для качества всего соединения.

Начальный период короткого замыкания. В момент времени T_1 происходит замыкание капли на сварочную ванну. Если при этом величина сварочного тока составляет 150 – 200 А, как в случае с обычным полуавтоматическим процессом, капля мгновенно отрывается, обычно разрушаясь и разлетаясь в стороны, что приводит к разбрызгиванию. Кроме того, ток такой величины, пытаясь пройти через узкую перемычку, образовавшуюся между каплей и ванной, приводит к выплеску металла. При действии источника STT образование контакта происходит при значительно более низком уровне сварочного (базового) тока, что исключает эти негативные явления. Капля спокойно залипает на сварочную ванну, образуя пятно контакта. Датчик контура обратной связи источника питания Invertec STT в момент времени T_1 подает микропроцессору сигнал о возникновении короткого замыкания (напряжение упало до значения, близкого к нулю), источник понижает ток с базового уровня до 10 А на время 0,75 миллисекунд. В течение этого времени происходит развитие пятна контакта, вращение капли в сварочную ванну и образуется надёжная перемычка между ванной и электродной проволокой.

Период пинч-эффекта. Пинч-эффектом называют возникновение вокруг электрического проводника центростремительных сжимающих сил, пропорциональных квадрату протекающего по проводнику тока. Строго говоря, этот эффект присутствует в сварочном контуре всегда, когда сварочный ток не равен нулю. Однако только на рассматриваемом этапе влияние пинч-эффекта на перенос наплавляемого металла в сварочную ванну имеет принципиальное значение. По истечении времени действия начального периода короткого замыкания (0,75 мс, момент времени T_2) микропроцессор резко повышает

величину сварочного тока. На этой короткой первой стадии происходит стремительный рост электромагнитных сил осевого сжатия жидкой перемычки и образование на ней шейки. Уровень, до которого источник повышает ток на первой стадии, зависит от диаметра применяемой проволоки (повышается с увеличением диаметра) и устанавливается сварщиком с помощью двухпозиционного тумблера на лицевой панели аппарата. На второй стадии пинч-эффекта повышение сварочного тока происходит значительно более плавно. Источник «готовится» к моменту разрушения шейки и отделения капли от электродной проволоки. Необходимо отметить, что во время короткого замыкания напряжение между электродной проволокой и сварочной ванной не равно нулю, поскольку при температуре плавления (1550°C) металл имеет высокое электрическое сопротивление. Образование шейки связано с уменьшением поперечного сечения перемычки и ростом электрического сопротивления этого участка проводника. На этой стадии снова вступает в действие контур обратной связи, снабжающий микропроцессор информацией о сварочном напряжении. Скорость изменения сопротивления определяется косвенно путем последовательных замеров изменения напряжения в единицу времени. Когда эта скорость достигает определенного значения, источник получает от датчика напряжения дуги сигнал, свидетельствующий о том, что шейка готова к разрушению (момент времени T_3). В этот момент источник прекращает плавное наращивание тока и резко снижает его до уровня порядка 5 А.

Отделение капли от проволоки. Капля металла отделяется при низком значении сварочного тока. Отделение капли (момент времени T_4) происходит без разбрызгивания, присущего традиционному полуавтомату с жёсткой внешней характеристикой. Силы поверхностного натяжения уже слитых воедино капли и ванны «втягивают» каплю вглубь, формируя сварочный шов.

Рост новой капли. В момент времени T_5 - T_6 , происходит рост новой капли. В течение всего этого этапа действует, так называемый, пиковый уровень сварочного тока, устанавливаемый сварщиком на лицевой панели аппарата.

После отделения капли от электродной проволоки дуговой промежуток восстанавливается и резко повышается напряжение. Для продолжения процесса необходимо быстро сформировать новую каплю на торце электрода. С этой целью источник питания, получая сигнал о восстановлении дуги, мгновенно повышает ток до пикового уровня и наращивает плазменный столб. Пиковое значение тока определяет скорость нарастания плазмы и увеличения дугового промежутка. На торце электрода формируется расплавленная капля. Одновременно с этим усиливается давление дуги на сварочную ванну, вызывая её сжатие и ещё большее удлинение дуги. Утонение жидкой прослойки под дугой приводит к увеличению глубины проплавления. Оптимальная длительность действия пикового тока устанавливается процессором в диапазоне 1 - 2 мс. Его действие в течение более длительного периода может привести к значительному увеличению разбрызгивания вследствие слишком большого объёма образуемой капли. Таким образом, пиковый ток непосредственно влияет на длину дуги и обеспечивает необходимое проплавление. Уровень пикового тока довольно высок - чаще всего порядка 350 – 400 А. На таком токе обычный полуавтомат мог бы вести сварку проволокой диаметром 1,2 мм на скоростях сварки порядка 5 м/мин. Однако, в случае STT такой высокий уровень тока действует только после отделения капли и её переноса в ванну, что значительно повышает качество сварного шва.

Переход на базовый ток. В момент времени Т6-Т7, происходит переход на базовый ток. После окончания действия пикового тока, когда создана капля необходимого объёма, источник экспоненциально понижает ток до базового уровня. Резкое снижение тока в данном случае неприемлемо, поскольку мгновенный сброс действия дуги может привести к возникновению возмущений. При работе с последней версией аппарата - Invertec STT II - сварщик имеет возможность регулировать скорость снижения тока на этом этапе специальной рукояткой на лицевой панели источника (функция Tailout), достигая при этом наибольшей стабильности процесса сварки и наилучшей формы сварного шва. Кроме того, замедление падения тока приводит к увеличению общего

тепловложения в сварочную ванну без изменения длины дуги, что важно, например, при сварке высоколегированных и нержавеющей сталей. Повышение тепловложения способствует улучшению сплавления с основным металлом и позволяет повысить скорость сварки. С переходом тока на базовый уровень, вновь созданная капля начинает приобретать правильную сферическую форму и весь цикл переноса повторяется.

Прецизионное управление переносом металла в зону сварки, производимой в среде защитного газа, обеспечивает:

- минимальное разбрызгивание;
- значительное снижение дымообразования;
- отсутствие сварочных деформаций и прожогов за счёт глубокого управления количеством тепла, вводимого в сварочную ванну (тепловложение);
- гарантированное проплавление и великолепный обратный валик;
- качество сварного соединения, не уступающее получаемому аргонодуговой сваркой, но при существенно (в 3-4 раза) более высокой скорости сварки и значительно меньших требованиях к квалификации сварщика.

Процесс прост в использовании, обеспечивает хороший контроль сварочной ванны и позволяет значительно снизить вероятность образования несплавов. Он не требует от сварщика высокой квалификации для того, чтобы выполнить качественное сварное соединение. Кроме этого, время обучения сварщиков сокращает простота процесса STT.

Сварка корневых швов стыков труб является наиболее сложным этапом при сооружении трубопроводов. На этом этапе предъявляются определенные требования к самому процессу сварки. При сварке корня шва с помощью традиционного полуавтоматического процесса не происходит непосредственного управления сварочным током. Вместо этого управляемым параметром является среднее напряжение. При таком методе управления всегда есть существенный риск перегрева сварочной ванны и снижения её вязкости ниже допустимого уровня. В результате обратный валик может быть плохо сформирован и иметь плоскую или даже вогнутую форму. Кроме того, сварщику приходится удерживать дугу на

передней кромке сварочной ванны, чтобы обеспечить хорошее проплавление. Если дуга слишком отстаёт от передней кромки, проплавление будет не полным. Если же дуга слишком опережает переднюю кромку, то вероятность прожогов резко возрастает.

Управление сварочным током и скоростью подачи проволоки при процессе STT ведётся независимо, поэтому поддерживать температуру и вязкость сварочной ванны значительно легче. Следовательно, легче достичь качественного проплавления. Именно это свойство процесса STT делает его весьма удобным и эффективным для выполнения корневого прохода. Оператору достаточно просто удерживать дугу на передней кромке сварочной ванны. Сварщики с большим опытом работы на трубопроводах по традиционным методам оценивают этот процесс, как наиболее простой, удобный и качественный из имеющихся. Они отмечают и резкое снижение интенсивности сварочных брызг при работе в потолочном положении. Отсутствие «карманов» и относительно большое сечение корневого шва исключают необходимость в выполнении «горячего» прохода и повышают темп сварочных работ. Используя сварку STT, с ее возможностью управлять механизмом переноса и отличным контролем за формированием сварочной ванны, удастся значительно облегчить выполнение корневого шва.

Режимы сварки процессом STT имеют более широкий диапазон по сравнению с обычной сваркой в среде защитных газов. Если при обычной сварке трубы (заданной марки и типоразмера), для получения качественного соединения, используются конкретные значения напряжения дуги и скорости подачи сварочной проволоки (сварочного тока), то процесс STT имеет различные варианты режимов для этих целей. При этом используются проволока большего диаметра по сравнению с той, которая применяется при аналогичных работах с использованием стандартных источников, имеющих жесткую характеристику.

Сварку STT относят к так называемым «холодным» процессам. Общее количество тепла, выделяемое дугой, значительно ниже, чем при обычной полуавтоматической сварке в среде защитных газов. Однако это не приводит к образованию таких дефектов как несплавление, потому, что маленький размер

сварочной ванны не позволяет ей «убежать», сварочная ванна постоянно находится под контролем сварщика.

При сварке труб процессом STT используется разделка кромок в соответствии со стандартом API (рисунок 9).

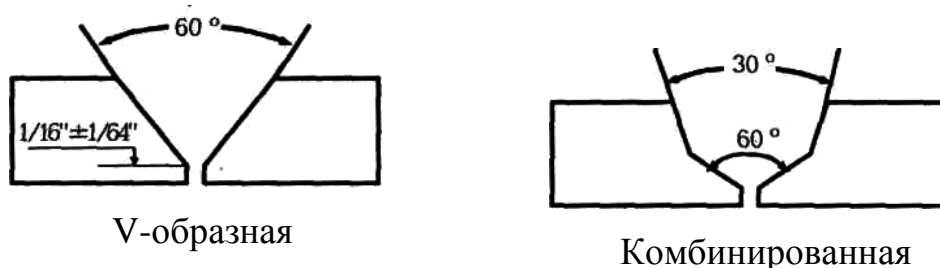


Рисунок 9 - Разделка кромок для сварки процессом STT [9]

Однако при этом обычно устанавливается увеличенный зазор, составляющий 2,0-2,5 мм. Процесс менее чувствителен к плохой сборке, чем обычные методы сварки.

Вылет электрода составляет 9,5-15,9 мм. Обычной ошибкой при сварке является слишком большой вылет. Для лучшего контроля над вылетом электрода необходимо, чтобы контактный наконечник выступал от торца сопла сварочной горелки на расстоянии 6,4 мм.

3.2 Сущность полуавтоматической сварки порошковой проволокой типа Innershield

Механизированная сварка самозащитной проволокой - это разновидность процесса полуавтоматической сварки плавящимся электродом, не требующая дополнительной газовой защиты зоны сварки. Сварка осуществляется на прямой полярности.

Полуавтоматическая сварка самозащитой проволокой Innershield предназначена для сварки заполняющего и облицовочного слоев неповоротных

и поворотных стыков труб диаметром 325-1220 мм с толщинами стенок 6-20 мм включительно.

Технология сварки с использованием самозащитной порошковой проволоки может применяться как для сварки линейных стыков, так и для сварки соединений при выполнении специальных сварочных работ: захлестов, сварке разнотолщинных соединений - труба-труба, труба-запорная арматура, труба-деталь трубопровода. Сварка самозащитной порошковой проволокой может применяться в условиях, неприемлемых для сварки в защитных газах, например, без укрытий при наличии ветра.

Способ сварки самозащитой порошковой проволокой имеет следующие особенности, обуславливающие его преимущества перед ручной дуговой сваркой покрытыми электродами:

- возможность форсировать режим сварки, например, при использовании проволоки диаметром 1,98 мм повышается производительность наплавки на 50-75 % по сравнению с ручной дуговой сваркой электродами с основным видом покрытия диаметром 4,0 мм, для которых производительность наплавки составляет 1,4-1,5 кг/ч;

- более высокая эффективность работы сварщика в связи с отсутствием необходимости останавливать процесс сварки для смены электродов;

- низкий процент ремонта сварных швов за счет возможности выплавить дефекты, используя характерную для способа высокую плотность тока;

- возможность осуществления сварки при сильном ветре за счет особой системы защиты капель расплавленного металла и ванны;

- устранение значительного количества дефектов, обычно образующихся при обрыве и зажигании дуги при частой смене электрода;

- отсутствие необходимости сушки проволоки перед ее использованием;

- возможность использования способа для сварки захлестов и при специальных сварочных работах;

- техника сварки порошковой проволокой достаточно проста, и срок обучения сварщиков составляет 10-20 дней.

Некоторые недостатки, возникающие при сварке порошковой проволокой:

- процесс сварки проволокой Innershield происходит на высоком токе (230-300 А) и сопровождается достаточно большим разбрызгиванием. При этом капли имеют высокую температуру. В связи с этим при сварке проволокой типа Innershield (в особенности для проволоки диаметром 1,98 мм) необходимо использование специальной одежды (кожаные костюмы) и масок (фиброметалл);
- проволока имеет гигиенический сертификат, однако процесс сопровождается повышенным аэрозолевыделением [2].

3.3 Выбор сварочных материалов

Для сварки корневого слоя методом STT, выбираем электродную проволоку L - 56 которая полностью отвечает требованиям и 100% защитный газ (CO_2).

Углекислый газ (CO_2) - бесцветный, со слабым запахом, с резко выраженными окислительными свойствами, хорошо растворяется в воде. Тяжелее воздуха в 1.5 раза, может скапливаться в плохо проветриваемых помещениях, в колодцах, приямок. Выпускается (ГОСТ 8050-85 [17]) трех сортов: высший - 99.8% CO_2 , 1-й - 99.5% и 2-й - 98.8%. Двуокись углерода 2-го сорта применять не рекомендуется. Для снижения влажности CO_2 рекомендуется установить баллон вентилем вниз и через 1 - 2 ч открыть вентиль на 8 - 10 с для удаления воды. Чтобы удалить попавший внутрь воздух, перед сваркой из нормально установленного баллона выпускают небольшое количество газа,. Физико-химические показатели газообразной жидкой двуокиси углерода представлены в таблице 9.

Таблица 9 - Физико-химические показатели газообразной жидкой двуокиси углерода [17]

Наименование показателя	Норма		
	Высший сорт	1-й сорт	2-й сорт
1. Объемная доля двуокиси углерода (CO ₂), %, не менее	99,8	99,5	98,8
2. Объемная доля окиси углерода (CO)	Должна выдерживать испытание ГОСТ 8050-85 [17]		
3. Массовая концентрация минеральных масел и механических примесей, мг/кг, не более	0,1	0,1	Должна выдерживать испытание по п. 4.5.1 ГОСТ 8050-85 [17]
4. Наличие сероводорода	Должна выдерживать испытание по п. 4.6 ГОСТ 8050-85 [17]		
5. Наличие соляной кислоты	Должна выдерживать испытание по п. 4.7 ГОСТ 8050-85 [17]		
6. Наличие сернистой и азотистой кислот и органических соединений (спиртов, эфиров, альдегидов и органических кислот)	Должна выдерживать испытание по п. 4.8 ГОСТ 8050-85 [17]		
7. Наличие аммиака и этаноламинов	Должна выдерживать испытание по п. 4.9 ГОСТ 8050-85 [17]		
8. Наличие запаха и вкуса	Должна выдерживать испытание по п. 4.10 ГОСТ 8050-85 [17]		
9. Массовая доля воды, %, не более	Должна выдерживать испытание по п. 4.11		0,1
10. Массовая концентрация водяных паров при температуре 20°C и давлении 101,3 кПа (760 мм рт. ст.), г/м ³ , не более	0,037	0,184	Не нормируется
что соответствует температуре насыщения двуокиси углерода водяными парами при давлении 101,3 кПа (760 мм рт. ст.) при температуре 20°C, не выше	Минус 48	Минус 34	Не нормируется
11. Наличие ароматических углеводородов	Должна выдерживать испытание по п. 4.13 ГОСТ 8050-85 [17]		
12. Наличие оксидов ванадия.	Должна выдерживать испытание по п. 4.14 ГОСТ 8050-85 [17]		

Низкоуглеродистая проволока Super Arc L-56. Основное назначение: сварочная проволока сплошного сечения L-56 низкоуглеродная омедненная сварочная проволока сплошного сечения с высоким уровнем легирования марганцем и кремнием. Основное применение сварка корневого прохода стыков магистральных трубопроводов методом STT II с нормативным пределом

прочности до 588 Н/мм² включительно. Сочетание метода STT II и проволоки Super Arc L-56, сертифицировано ВНИИСТ.

Позволяет сваривать загрязненные и покрытые коррозией детали. Обеспечивает: минимальное разбрызгивание, хорошую растекаемость металла, отличный внешний вид шва. Диапазон применяемых защитных газов - от 100% CO₂, до смесей с высоким содержанием аргона. Химический состав и механические свойства наплавленного металла указаны в таблице 10 и 11 [18].

Таблица 10 - - Химический состав проволоки Super Arc L-56 [18]

Пределы содержания компонентов	%C	%Mn	%Si	%S	% P	% Cu
L-56 Спецификация AWS ER70S-6	0,06 - 0,15	1,40 - 1,85	0,80 - 1,15	0,035	0,025	0,50

Таблица 11 - Механические свойства наплавленного металла [18]

Условия испытаний	Предел прочности, МПа	Предел текучести, МПа	Относит. удлинение, % на 2''	Ударная вязкость, Дж	
				при -20° F (-29 ° C)	при -40° F (-40 ° C)
Требования ER70S-6 по AWS A5.18					
100% CO ₂ , ПС	483 min	400 min	22 min	27 min	--
Результаты испытаний					
100% CO ₂ , ПС	564	468	29	54	37
100% CO ₂ , ТО	512	390	29	95	68
100% CO ₂ , ТО1	536	420	31	119	--
75Ar/25CO ₂ ПС	586	515	29	108	95
75Ar/25CO ₂ ТО	538	416	31	140	22

ПС = в состоянии после сварки.

ТО = после термической обработки (1 час при 612° C)

ТО1 = после термической обработки (2 часа при 607° C)

Для сварки газонефтепроводов могут применяться только специальные самозащитные порошковые проволоки производства фирмы «Lincoln Electric» (США). Марку самозащитной порошковой проволоки выбирают в зависимости от прочностного класса свариваемых труб:

- для сварки стыков труб из сталей классов прочности от K55 до K60 (с нормативным пределом прочности от 539 до 588 МПа включительно) применяется самозащитная порошковая проволока марки Innershield NR-208S диаметром 1,7 мм и 2,0 мм.

Химические и механические свойства, обеспечиваемые проволоками марки Innershield, свидетельствуют о высоком качестве получаемых сварных соединений. Все марки проволоки аттестованы в установленном порядке и допущены для сварки стыков труб газонефтепроводов различного диаметра и толщин стенок. Порошковая проволока, поставляемая для использования в трассовых условиях, должна быть упакована в герметичные полиэтиленовые ведра. В каждом ведре находится по четыре катушки весом 6,3 кг.

Порошковая проволока - сварочный материал, представляющий собой стальную оболочку, заполненную порошкообразным наполнителем. Это как бы электрод, вывернутый наизнанку. Но при этом электрод бесконечной длины. В состав наполнителя порошковой проволоки входят следующие компоненты:

- газообразующие - обеспечивают защиту расплавленных капель и сварочной ванны от азота и кислорода воздуха (мрамор, целлюлоза и карбонаты Ca, Na, Mg);

- шлакообразующие - соединения, образующие шлаковую защиту (рутиловый концентрат, флюоритовый концентрат, алюмосиликаты);

- раскислители - участвуют в металлургических процессах, протекающих в сварочной ванне, обеспечивая металлургическое качество сварного шва (ферромарганец, ферротитан);

- металлические составляющие - повышают производительность наплавки (металлический порошок, соединения железа).

Марка проволоки NR-208S применяется: для полуавтоматической сварки без использования защитных газов; горячего заполняющего и облицовочного проходов стыков магистральных трубопроводов с нормативными пределом прочности до K60 включительно. Аттестована проволока NR-208S в установленном порядке и допущена для сварки стыков труб газонефтепровода

различного диаметра и толщин стенок. Химический состав наплавленного металла и механические свойства проволоки NR-208S приведены в таблице 12.

Таблица 12 - Химический состав наплавленного металла и механические свойства проволоки NR-208S [19]

Химический состав наплавленного металла, %						Механические свойства, Н/мм ² .		
C	Mn	Si	Ni	Cr	Al	Предел текучести	Предел прочности	Удар ISO-V (J) -29° C
0,08	0,93	0,20	0,89	0,03	1,00	462	572	61

Сварочная самозащитная проволока Innershield NR–208S - (E91T8–GS8) - аналогична NR-207H, но характеризуется пониженным содержанием водорода, большей прочностью и отличной работой на морозе. Наплавленный металл имеет предел текучести свыше 550МПа. Применима при сварке труб с пределом прочности до стандарта X80 API [19].

3.4 Выбор режимов сварки

К основным параметрам дуговой сварки относятся: сила сварочного тока $I_{св}$; напряжение дуги U_d ; скорость сварки $V_{св}$; скорость подачи электродной проволоки $V_{п.п.}$.

На определение режимов сварки в первую очередь влияют такие параметры, как толщина свариваемого материала и марка стали. Расчет параметров режима сварки в CO_2 ведется исходя из зависимостей между $I_{св}$ и $V_{св}$. Чем меньше диаметр электродной проволоки, тем выше плотность тока, а, следовательно, и глубина проплавления.

Скорость подачи сварочной проволоки – влияет на скорость наплавки. Более высокая скорость подачи предопределяет более высокую скорость сварки.

Пиковый ток - управляет длиной дуги и формой наплавленного валика. Увеличение пикового тока приводит к увеличению длины дуги и формированию более плоской внешней поверхности шва. Высокие значения пикового тока

могут привести к образованию вогнутой поверхности. Величина пикового тока обычно выше базового и лежит в диапазоне от 250 до 400 А.

Базовый ток - определяет общее тепловложение и форму обратного валика. Если базовый ток очень высокий, то в верхней части трубы будет наблюдаться чрезмерное проплавление, а в потолочном положении - провал. Значение базового тока ниже пикового и составляет 25 - 100 А.

Горячий старт - регулирует время действия стартового тока, превышающего на 25 - 50 % установленное значение, для облегчения зажигания и компенсации влияния на процесс холодной детали. Шкала регулятора стартового тока проградуирована до 10. Максимальное значение шкалы соответствует четырем секундам.

Длительность заднего фронта импульса - с увеличением длительности заднего фронта импульса увеличивается тепло, вводимое сварочную ванну, при этом длина дуги не меняется. При увеличении данного параметра необходимо понизить базовый или пиковый ток, чтобы выдержать необходимую форму наплавленного валика. Типичные режимы сварки корневого шва для трубы с толщиной стенки (12 мм) и более приведены в таблице 13 [20].

Таблица 13 - Параметры режимов при сварке корневого слоя шва [20]

Тип сварочной проволоки	Диаметр сварочной проволоки, мм	Защитный газ	Расход газа, л/мин	Скорость подачи, дюйм/мин	Пиковый ток, А	Базовый ток, А	Зазор, мм
L-56	1,14	100 % CO ₂	12	140	350	50	2,4

Для сварки «горячего», заполняющего и облицовочного слоев методом Innershield в каждом конкретном случае разрабатывается конкретная технология сварки в зависимости от диаметра, толщины стенки трубы и вида слоя. При этом сочетания параметров выбираются в соответствии с таблицей 14.

Таблица 14 - Параметры режимов при сварке слоев шва проволокой Innershield [20]

Наименование Слоя	Марка проволоки	
	Innershield NR-207 и Innershield NR-208 Special диаметром. 1,7 мм	
	Скорость подачи проволоки, дюйм/мин	Напряжение В
«Горячий проход»	90- 100	18 -19
Заполняющие	90 -100- 110	18- 19- 20
Корректирующий, Облицовочный	80- 90	17 -18

3.5 Технология сварочно-монтажных работ

До начала работ следует провести входной контроль основного и сварочного материала. Проверить наличие сертификатов (паспортов) на трубы, детали и запорную арматуру и все сварочные материалы, которые будут использованы для сооружения объекта, а также соответствие маркировки (клейма) к обозначениям, указанным в сертификатах (паспортах).

При отсутствии клейм, маркировки, сертификатов (или других документов, удостоверяющих их качество) трубы и детали трубопровода к сборке и сварке не допускаются.

На поверхности труб или деталей не допускаются:

- трещины, плены, рванины, закаты любых размеров;
- царапины, риски и задиры глубиной более 0,2 мм;
- местные перегибы, гофры и вмятины;
- расслоения на концах труб.

Следует проверить соответствие формы, размеров и качества подготовки свариваемых кромок, в том числе расточки под заданный внутренний диаметр, требованиям технологической карты.

Перед сборкой труб необходимо очистить внутреннюю полость труб и деталей трубопроводов от попавшего грунта, снега и т.п. загрязнений, а также механически очистить до металлического блеска кромки и прилегающие к ним

внутреннюю и наружную поверхности труб, деталей трубопроводов, патрубков арматуры на ширину не менее 10 мм.

Следует проверить соответствие минимальной фактической толщины стенки в зоне свариваемых торцов допуском, установленным ТУ на поставку труб после расточки под заданный внутренний диаметр.

Перед сборкой следует осмотреть поверхности кромок свариваемых элементов. Устранить шлифованием на наружной поверхности неизолированных торцов труб или переходного кольца царапины, риски, задиры глубиной до 5 % от нормативной толщины стенки, но не более минусового допуска на толщину стенки в соответствии с техническими условиями на трубы.

Разделка кромок труб по ГОСТ 16037-80 [21] показана на рисунке 10.

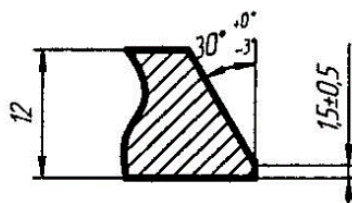


Рисунок 10 - Разделка кромок по ГОСТ 16037-80 [21]

Забоины и задиры фасок глубиной до 5 мм труб 1-й и 2-й групп прочности следует отремонтировать электродами с основным видом покрытия типа Э50 диаметром 2,5 - 3,2 мм; 3-й группы прочности электродами с основным видом покрытия типа Э60 диаметром 3,0 - 3,2 мм. Отремонтированные поверхности кромок труб следует зачистить абразивным инструментом путем их шлифовки, при этом должна быть восстановлена заводская разделка кромок, а толщина стенки трубы не должна быть выведена за пределы минусового допуска.

При сборке стыков бесшовных труб с нормативной толщиной стенки от 10 мм и более смещение внутренних кромок не должно превышать 2 мм. Допускаются местные внутренние смещения кромок труб, не превышающие 3 мм на длине не более 100 мм. При толщине стенки менее 10 мм допускается смещение внутренних кромок до 40 % от нормативной толщины стенки, но не

более 2 мм. Величина наружного смещения в этих случаях не нормируется, однако при выполнении облицовочного слоя шва должен быть обеспечен плавный переход поверхности к основному металлу.

Сборку труб любого диаметра под последующую сварку корневого слоя шва методом STT при линейном строительстве или капитальном ремонте с заменой трубы, следует производить на внутреннем центраторе.

Сборку на внутреннем центраторе стыков труб с заводской разделкой кромок или кромок, подготовленных механическим способом под последующую сварку корневого слоя шва сваркой методом STT, следует осуществлять без прихваток. Если в процессе установки технологического зазора возникла необходимость в установке прихваток, то они должны быть полностью сошлифованы в процессе сварки корневого слоя шва.

Полуавтоматическую сварку STT корневого шва неповоротных стыков труб, ведут на спуск (рисунок 11).

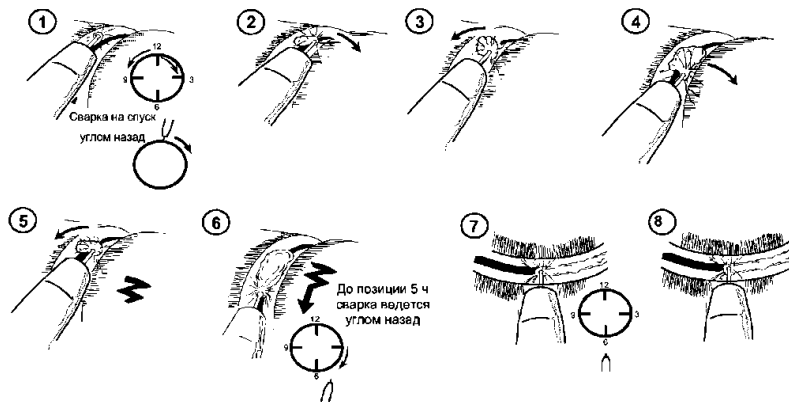


Рисунок 11 - Техника сварки корневого шва неповоротных стыков трубопроводов методом STT [22]

Процесс начинают в верхней части трубы в положении 12-ти часов. Возбуждение дуги производят на одной из кромок (1). Затем дугу переносят на противоположную кромку, формируя при этом сварочную ванну (2). Сварку осуществляют с дугообразными колебаниями небольшой амплитуды. Дугу следует располагать внутри сварочной ванны в первой 1/4 или 1/3 от ее

переднего фронта. Располагать на передней кромке сварочной ванны дугу, нельзя. В позициях от 12-ти до 1-го часа сварку производят углом назад (1). При этом угол наклона электрода составляет 30–45°. Совершая дугообразные колебания, не следует задерживаться на кромках трубы. К увеличению проплавления приводят прямолинейные колебания с кромки на кромку. При обычной полуавтоматической сварке в защитных газах увеличение проплавления происходит при размещении дуги на передней кромке ванны. Однако при сварке STT большая глубина проплавления достигается, если дуга горит внутри сварочной ванны.

С позиции 1-го часа амплитуду колебаний можно уменьшить и затем совсем прекратить их, продолжая двигаться вдоль стыка и располагая дугу внутри сварочной ванны в первой трети от ее переднего фронта (6). Угол наклона электрода на этом участке уменьшают на 10°.

В позиции от 4 до 5 угол наклона горелки постепенно доводится до перпендикулярного положения, а колебания можно возобновить (7). Это зависит от зазора и притупления свариваемых кромок (8). При прекращении сварки прерывается дуга на одной из кромок. По внешнему виду наплавленного валика можно судить о необходимости корректировки сварочных параметров.

В основном сварка корневых швов процессом STT ведется на спуск, при этом обеспечивается отличное формирование обратного валика и получения шва (рисунок 12).



а)



б)

Рисунок 12 - Процесс сварки методом STT и обратный валик (а);
полученный шов (б) [22]

Кроме этого, возможна сварка на подъем. При этом процесс проходит на низких скоростях подачи и характеризуется невысокой производительностью [23].

В процессе работы с использованием самозащитной порошковой проволоки следует учитывать следующие технологические особенности:

- перед выполнением первого слоя порошковой проволокой (горячего прохода), необходимо осуществить тщательную зачистку (шлифовку) корневого слоя абразивным кругом до состояния «чистый металл»;
- процесс сварки порошковой проволокой во всех случаях выполняется на постоянном токе прямой полярности;
- направление сварки - на спуск;
- начинать сварку следует всегда при вылете проволоки 12-15 мм.

При этом срез проволоки слегка соприкасается с трубой или немного приподнят над ее поверхностью. После зажигания дуги вылет электрода (проволоки) должен быть увеличен до 20 мм.

В потолочном положении рекомендуется увеличить вылет электрода до 25-30 мм;

- уменьшение вылета проволоки менее рекомендуемой величины приводит к появлению пористости, а увеличение - к недостаточному разогреву конца проволоки, вследствие чего она начинает «стучать» по трубе; процесс сварки становится нестабильным;
- угол наклона электрода постоянно меняется в процессе сварки.

В точке начала сварки (0 ч) угол должен составлять 20-30°; при движении от 0 ч до 3 ч угол постепенно увеличивается до 45-50°; от 3 ч до 5 ч угол постепенно доводится до 0° (перпендикулярно телу трубы); от 5 ч до 6 ч угол доводят до 10-15° «углом вперед». При изменении угла наклона можно контролировать степень проплавления. При увеличении угла степень проплавления уменьшается, а при уменьшении угла - увеличивается.

При достаточном навыке сварщика допускается применять небольшие поперечные колебания. Колебания могут осуществляться с короткими придерживаниями по краям переднего фронта сварочной ванны. Колебания с придерживаниями необходимы для предотвращения образования подрезов и шлаковых «карманов» по краям и избыточного усиления - «горба» посередине наплавляемого валика.

Для получения бездефектных швов с оптимальными механическими свойствами сварку следует выполнять, как правило, узкими, «ниточными» валиками.

Если производить колебания без придержаний, то движение от кромки к кромке должно быть особенно плавным, без рывков. Если размах поперечных колебаний больше, чем необходимо, то происходит чрезмерное увеличение размеров сварочной ванны, ухудшается защита зоны сварки, что является причиной появления пористости и может привести к опережению сварочной дуги жидким металлом и вытеканию жидкого металла из сварочной ванны. «Горячий» проход и первый заполняющий слой выполняются на всю ширину (максимальная ширина - примерно 12-13 мм) за один проход [2]. Облицовочный шов при толщине трубы менее 14 мм рекомендуется выполнять одним валиком (рисунок 13) [2].



Рисунок 13 - Наложение облицовочного шва одним валиком [2]

Усиление облицовочного слоя шва должно составлять 1,0-3,0 мм. Перекрытие кромок должно находиться в пределах 1,5-2,5 мм в каждую сторону, если иное не предусмотрено нормативной документацией на объект.

В связи с большой линейной скоростью сварки и особенностью формирования сварного шва в вертикальной плоскости перед выполнением облицовочного слоя в положении 1 ч-5 ч (2 ч 4 ч) выполняют дополнительный (корректирующий) слой. Корректирующий слой позволяет обеспечить равномерность заполнения разделки перед наложением облицовочного слоя (слоев). Расположение и количество корректирующих слоев зависят от толщины стенки трубы и особенностей заполнения разделки каждым сварщиком.

Для формирования лучшей формы облицовочного валика, рекомендуется некоторое «недозаполнение» разделки перед его наложением в нижнем и поточном положениях. При этом в вертикальном положении разделка должна быть заполнена практически заподлицо с основным металлом

Ориентировочное количество слоев (проходов) при сварке труб различной толщины приведено в таблице 15.

Таблица 15 - Ориентировочное количество слоев при сварке труб различной толщины [23]

Толщина стенки трубы, мм	Ко рне вой шо в	Горячий проход	Заполняющи е проходы		Корректирующи е проходы между поз. 2 ч-4 ч	Облиц овочн ые прохо ды	Обще е кол- во прохо дов В поз 0 ч-6 ч и 2 ч- 6ч	Общее кол- во проходов поз. 3 ч
			Слой за один прох од	Слой за неско лько прохо дов				
Сварка проволокой NR-207 d 1,7 мм								
5,0	1	1				1	3	3
6,5	1	1		-	1	1	3	4
8,0	1	1	1	-	-	1	4	4
10,0	1	1	1-2	-	1	1	4-5	5-6
12,0	1	1	2-3	-	1	1-2	5-6	6-7
Сварка проволокой NR-208S d 2,0 мм								
12,0		1	2	-	1	1	5	6
14,0		I	2	2	1-2	1-2	7-8	8-9
16,0		1	2	4	2	2	10	12
18,5		1	2	6	1-2	3	13	14-15
22.0		1	2	8	1-2	3	15	16-17

Количество корректирующих проходов зависит от диаметра трубы и техники сварки. Обычно, если выполняется меньшее количество корректирующих проходов, то число заполняющих увеличивается. Общее количество проходов остается при этом примерно тем же. Если общее количество проходов значительно больше или меньше указанного в таблице значения, то следует проверить и откорректировать технику сварки и последовательность наложения швов. Наиболее часто встречаемая ошибка - выполнение слишком больших по сечению швов (валиков).

При работе в потолочном положении может возникнуть необходимость в некотором понижении скорости подачи проволоки. Это можно сделать без остановки процесса сварки переключателем, расположенным на рукоятке горелки. При этом скорость подачи проволоки понизится на 15-20 %.

Скорость сварки следует отрегулировать так, чтобы поддерживать соответствующую форму слоя (валика) и контролировать сварочную ванну. В процессе сварки необходимо поддерживать дугой расплавленный металл сварочной ванны и не позволять жидкому металлу опережать дугу. Пятно дуги должно располагаться у переднего края сварочной ванны, как бы стремясь выйти за ее пределы, при этом равномерно захватывая не разогретый металл предыдущего слоя. Низкая скорость может привести к повышенному разбрызгиванию сварочной ванны, возникновению пористости и шлаковых включений.

В случае рестарта (возобновления процесса сварки) сварка начинается с верхней части предварительно очищенного от шлака кратера, который заполняется с малыми колебаниями электрода, и после этого сварка продолжается с нужной скоростью.

В процессе сварки стыка необходимо производить зачистку всех слоев от шлака и брызг металла. Облицовочный слой шва должен перекрывать основной металл на 1,5 - 2,5 мм с каждой стороны разделки и иметь усиление 1-3 мм (рисунок 14).

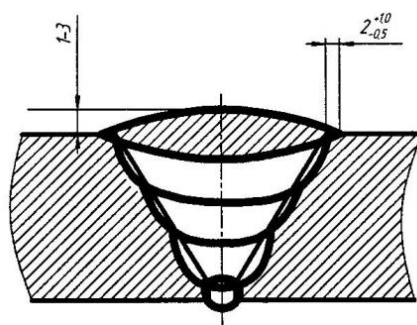


Рисунок 14 - Схема заполнения разделки труб с толщиной до 13 мм со стандартным, 30° скосом кромок

Участки поверхности облицовочного слоя с грубой чешуйчатостью (превышение гребня над впадиной составляет 1 мм и более), а также участки с превышением усиления не следует обработать шлифовальным кругом или напильником [22].

В случае атмосферных осадков сваренный стык следует укрывать термоизолирующим поясом до полного остывания стыка.

3.6 Контроль качества

Дефекты бывают нескольких видов:

- наружные и внутренние.

Наружными являются дефекты, которые можно обнаружить визуально при осмотре шва.

Внутренние дефекты, наоборот, находятся внутри сварочных соединений и их можно увидеть лишь после дефектоскопии.

Дефекты бывают допустимыми и не допустимыми, в зависимости от требований, предъявляемых к сварочным соединениям и конструкции в целом.

Для того чтобы осуществить качественную и полноценную оценку работоспособности различных систем и конструкций, обязательно проводят контроль сварных швов, используя несколько методов, например визуальный и ультразвуковой контроль сварных швов. Все методы подразделяются по

принципу воздействия на исследуемый объект на две обширные группы: методы неразрушающего контроля и методы разрушающего контроля. Предпочтительней и практичней в применении методы первой группы, но многие из них являются достаточно дорогостоящими и имеют свои особенности проведения. Поэтому экономически выгодней начинать любой контроль сварного шва с самого простого метода — визуальный контроль качества.

Этот способ контроля считается самым доступным и оперативным и потому является обязательным, предварительным методом обследования, перед проведением любого другого метода испытания шва.

Визуально — измерительный контроль (ВИК) сварных швов — это внешний осмотр сварных конструкций, как невооруженным глазом, так и при помощи различных технических приспособлений для выявления более мелких дефектов, не поддающихся первоначальной визуализации, а также с использованием преобразователей визуальной информации в телеметрическую. ВИК относится к органолептическим (проводится органами чувств) методам контроля и осуществляется в видимом спектре излучений. Визуальное обследование в поисках теоретических дефектов производят с внешней стороны сварного шва, где при их обнаружении можно выполнить минимальные измерения с помощью инструментов, заключить акт визуального осмотра.

Для визуального контроля качества сварных швов, используется универсальный шаблон сварщика (УШС-3). Он позволяет определять параметры дефектов, таких как забоины, зазоры, притупления, углы скоса и превышения кромок.

По результатам обмера сварные соединения, выполненные механизированными методами, должны удовлетворять следующим требованиям:

- величина внутреннего смещения кромок не должна превышать 20% толщины стенки трубы, но не более 3 мм. 25% толщины трубы, но не более 4 мм длиной 300 мм, но не более одного на стык;

- облицовочный слой шва должен перекрывать основной металл на 1,5 - 2,5 мм с каждой стороны разделки и иметь усиление 1-3 мм.

- участки поверхности облицовочного слоя с грубой чешуйчатостью (превышение гребня над впадиной составляет 1 мм и более), а также участки с превышением усиления следует обработать шлифовальным крутом или напильником.

- глубина подрезов не должна превышать 1% толщины стенки, но не более 3 мм длиной 150 мм;

Контроль качества сварного шва – необходимая процедура для определения качества нефтепровода. Если шов недостаточно плотный, с нарушенной герметичностью и другими деформациями – все это неминуемо скажется на сроке эксплуатации металлической конструкции. Особенно быстро это произойдет в случае, если конструкция будет находиться под постоянным давлением.

Ультразвуковой метод неразрушающего контроля. Идея состоит в том, чтобы регистрировать параметры упругих колебаний, создаваемых в исследуемом объекте. Технология хороша для выявления внутренних и поверхностных дефектов. Ультразвуковой метод неразрушающего контроля оптимально подходит для обнаружения:

- неоднородностей структуры;
- поры;
- непровары шва;
- несплошности и несплавления шва;
- расслоения наплавленного металла;
- трещины в околошовной зоне;

На основании результатов такой диагностики можно судить о физико-механических свойствах металлов, не разрушая их.

Для неразрушающего контроля качества и проверки соответствия швов нефтепровода выбран современный ультразвуковой метод, ГОСТ 14782-86 [24].

Для этого процесса, подходит ультразвуковой дефектоскоп УИУ «СКАНЕР+» модель «СКАРУЧ».

Дефектоскоп УИУ «СКАНЕР+» модель «СКАРУЧ» - Это малогабаритная установка измерительная ультразвуковая серии «Сканер» – модель «СКАРУЧ» (УИУ «СКАРУЧ») предназначена для оперативного обнаружения и определения характеристик дефектов в сварных соединениях и основном металле трубопроводов, сосудов и металлоконструкций с толщиной стенки 4 ... 60 мм и проведения толщинометрии изделий толщиной до 100 мм. Установка используется для ручного и механизированного ультразвукового контроля качества сварных соединений и основного металла со скоростью продольного сканирования 0,5 ... 1,0 м/мин вдоль сварного шва или участка основного металла. УИУ «СКАРУЧ» работает в режиме автоматической фиксации и расшифровки результатов контроля (АФ и РРК) при ручном сканировании системой преобразователей, а также в режиме ручного дефектоскопа (толщиномера) общего назначения. Контроль может производиться как в цеховых, так и в монтажных условиях. Аппаратура прошла государственные испытания и имеет хорошие отзывы от предприятий различных отраслей. УИУ «СКАРУЧ» сертифицирована Госстандартом РФ, зарегистрирована в государственном реестре средств измерений (№ 15723-02) и допущена к применению в Российской Федерации. Имеются сертификаты стран СНГ. Методика применения УИУ «СКАРУЧ» согласована с Ростехнадзором РФ и разрешена для применения на подконтрольных объектах.

Функциональные особенности:

- осуществляет 16 различных схем прозвучивания на каждом миллиметре контроля;
- обнаруживает внутренние дефекты (поры, шлаковые включения, непровары, трещины и др.);
- идентифицирует дефекты по характеру (объемные, объемно-плоскостные, плоскостные);
- оценивает параметры дефектов (длину и развитие по глубине);

- проводит толщинометрию основного металла по сканируемой поверхности с шириной участка 65мм;
- автоматически устанавливает и корректирует параметры УЗК с поправкой на шероховатость;
- осуществляет самоконтроль работоспособности электроники и акустической системы;
- автоматически фиксирует, запоминает и расшифровывает результаты дефектоскопии;
- производит передачу результатов контроля в память подключаемого компьютера(RS232);
- распечатывает результаты контроля с помощью подключаемого принтера;
- имеет автономное питание.

Основные технические характеристики дефектоскопа УИУ «СКАНЕР+» модель «СКАРУЧ» представлены в таблице 16.

Таблица 16 - Технические характеристики дефектоскопа «СКАРУЧ» [24]

Дискретность регистрации:	- датчика пути — 1 мм; - параметров дефекта — 1 мм; - толщины — 0,1 мм;
Измерение параметров дефекта сварного шва с погрешностью:	- по длине ± 1 мм; - по глубине развития $\pm 0,5$ мм;
Определение координат дефекта вдоль шва с погрешностью от пройденного пути:	не более 1 %
Минимально выявляемый дефект:	0,8 ... 1,0 мм
Скорость УЗК:	до 1 м/мин
Регулировка усиления:	85 дБ с дискретностью 1 дБ
Частотный диапазон:	1,0 ... 10,0 МГц
Диапазон прозвучивания:	0 ... 10000 мм (продольные волны)
Перемещение строба:	горизонтальное и вертикальное
Экран :	электролюминесцентный с регулируемой яркостью или цветной жидкокристаллический
Количество запоминаемых настроек:	256
Количество запоминаемых изображений экрана:	1000
Количество точек регулировки ВРЧ:	8

Количество каналов:	8
Количество схем прозвучивания:	16
Диапазон рабочих температур:	-20 ... +45 °С
Питание:	от аккумуляторов или от сети 220 В
Время непрерывной работы от аккумуляторов:	8 часов
Габариты:	200 x 225 x 90 мм.
Вес:	3,5 кг (с аккумуляторами)

Основные преимущества УИУ «СКАРУЧ»:

- высокая достоверность УЗК, т.к. в установке «СКАРУЧ» используется 16 схем и методов прозвучивания одновременно на каждом миллиметре сканирования. За счет этого возможно:

- идентифицировать дефект по характеру (плоскостной, объемный, объемно - плоскостной);
- оценить реальные параметры дефекта (длину и высоту);
- оценить эквивалентные размеры дефекта;
- производить автоматическое слежение за уровнем акустического контакта на каждом миллиметре пути.

Высокая оперативность. Скорость сканирования – до 1 м/мин. Память прибора позволяет запомнить результаты УЗК до 1000 м дефектных сварных швов.

Отсутствие настройки. Она автоматически выставляется при наборе типоразмеров контролируемого изделия.

Самоконтроль работоспособности ЭАТ.

Автоматическая расшифровка результатов УЗК.

Получение документа контроля (распечатки) всего сварного шва.

Не требуется дополнительной квалификации обслуживающего персонала.

Удобство в эксплуатации. Установка имеет малые габариты и вес, автономное питание.

Многофункциональное назначение:

- УЗК сварных швов (стыковых, тавровых, нахлесточных);

- УЗК основного металла, в т.ч. определение недопустимой коррозии и расслоения металла;

- режим ручного дефектоскопа;

- режим ручного толщиномера;

Аппаратура прошла государственные испытания и имеет хорошие отзывы от предприятий различных отраслей. УИУ «СКАРУЧ» сертифицирована Госстандартом РФ, зарегистрирована в государственном реестре средств измерений (№ 15723-02) и допущена к применению в Российской Федерации. Методика применения УИУ «СКАРУЧ» согласована с Ростехнадзором РФ и разрешена для применения на подконтрольных объектах [25].

Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В данном разделе необходимо определить экономическую целесообразность сварки трубы диаметром 1020 мм толщиной стенки 12 мм комбинированной сваркой в среде защитных газов методом STT и самозащитной порошковой проволокой Innershield.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- оценить потенциальных потребителей результатов технического проектирования;
- провести расчет норм времени на сварку;
- рассчитать смету технического проекта.

4.1 Потенциальные потребители результатов разработки технологии

Выпускная квалификационная работа по теме «Комбинирования сварка неповоротных стыков магистрального трубопровода» выполняется для организации АО «Транснефть-Западная Сибирь». Заинтересованными лицами в полученных данных будут являться сотрудники организации. Суть работы заключается в разработке процесса комбинированной сварки труб при строительстве магистрального нефтепровода. Сегментируем рынок потребления продукции в зависимости от отрасли, размера компании. Карта представлена в таблице 17.

Таблица 17 – Карта сегментирования по отраслям промышленности

Параметр		Отрасль		
		Нефтяная	Коммунальная	Газовая
Размер компании	Крупные			
	Средние			
	Мелкие			
Уровень потребления продукции	Высокий			
	Средний			
	Низкий			

ЖКХ		ПАО Транснефть		ПАО Газпром	
-----	--	----------------	--	-------------	--

Из таблицы 17 видно, что основными сегментами являются крупные и средние компании нефтяной и газовой отраслей с высоким и средним уровнем использования на объектах трубопроводов. Следовательно, эти компании являются наиболее заинтересованными в результатах исследования.

4.2 Определение норм времени на сварку

В данном разделе производится экономическая оценка двух сравниваемых способов сварки (ручной дуговой сварки (РДС) и комбинированной сварки (КС)) при сборке и сварки участка трубопровода.

Определение норм времени для ручной дуговой и комбинированной сварки производится по методике описанной в [26, 27] (таблица 18).

Таблица 18 – Основное время для ручной дуговой сварки

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	РДС	КС
F_n – площадь наплавленного металла, мм ²	126	126
γ – плотность наплавляемого металла, г/см ³	7,8	7,8
$I_{св}$ – сварочный ток, А		
1 проход	90	180
2 проход	160	210
3 проход	160	210
4 проход	160	210
5 проход	160	210
α_n – коэффициент наплавки, г/А·ч	9,5	11,9

Определение основного времени на сварку производится по формуле:

$$t_0 = \frac{F_n \times \gamma \times 60}{I_{св} \times \alpha_n}, \quad (1)$$

где F_n – площадь наплавленного металла, мм²;

γ – плотность наплавляемого металла, г/см³;

$I_{св}$ – сварочный ток, А;

α_n – коэффициент наплавки, г/А·ч.

Подставляем значения в формулу (1) и получаем для РДС:

$$t_0 = \frac{7,8 \times 60}{9,5} \times \left(\frac{25}{90} + \frac{25}{160} + \frac{25}{160} + \frac{25}{160} + \frac{25}{160} \right) = 45 \text{ мин.}$$

Подставляем значения в формулу (1) и получаем для КС:

$$t_0 = \frac{7,8 \times 60}{11,9} \times \left(\frac{25}{180} + \frac{25}{210} + \frac{25}{210} + \frac{25}{210} + \frac{25}{210} \right) = 24 \text{ мин.}$$

Разница во времени основной сварки между РДС и КС составляет 21 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 47 %.

Необходимые данные для расчета значений времени $t_{в.ш}$, $t_{в.из}$ а также коэффициента $k_{об}$ для ручной дуговой получены из [26] (таблица 19).

Таблица 19 – Вспомогательное время, связанное со сваркой шва

Элементы работы	РДС	КС
Очистка перед сваркой свариваемых кромок от налета, ржавчины и осмотр, мин	0,5	0,5
Зачистка околошовной зоны от брызг наплавленного металла, мин	0,4	0,2
Откусывание огарков проволоки, мин	-	0,1
Установка и смена электродов, мин	0,39	-
Осмотр и промер шва, мин	0,3	0,3
Удаление остатка проволоки из головки полуавтомата. Смена кассеты. Подача проволоки в головку.	-	0,25
Всего	1,59	1,35

Разница во вспомогательном времени сварки между РДС и КС составляет 0,24 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 15 %.

Расчетные данные для вспомогательного времени, связанного с изделием и работой оборудования представлено в таблице 20.

Таблица 20 – Вспомогательное время, связанное с изделием и работой оборудования

Элементы работы	РДС	КС
Время на установку, мин	7,4	7,4

Снятие и транспортировка, мин	6,4	6,4
Перемещение сварщика, мин	0,2	0,2
Клеймение шва, мин	0,21	0,21
Всего	14,21	14,21

Разница во вспомогательном времени сварки между РДС и КС, отсутствует.

Расчетные данные для подготовительно-заключительного времени, представлено в таблице 21.

Таблица 21 – Подготовительно-заключительное время, связанное с наладкой и переналадкой оборудования

Элементы работы	РДС	КС
Получение производственного задания, указаний и инструктажа от мастера и его сдача, мин	6	6
Ознакомление с работой, мин	4	5
Подготовка к работе баллона с газом, подключение и продувка шлангов, мин	-	4
Установка, настройка и проверка режимов, мин	-	3
Подготовка рабочего места к работе, мин	4	7
Сдача работы, мин	3	3
Итого	17	28

Разница в подготовительно-заключительном времени между РДС и КС, составляет 11 мин, что в процентном соотношении дает увеличение времени на 39 %.

Расчетные данные для штучного времени, представлено в таблице 22.

Таблица 22 – Штучное время

Исходные данные	РДС	КС
t_o – основное время на сварку, мин/м	45	24
$t_{виз}$ – вспомогательное время, связанное со свариваемым швом на 1 пог. м шва, мин	1,59	1,35
l – длина шва $l = \pi \times d$	3,2	3,2
$t_{виз}$ – вспомогательное время, связанное со свариваемым изделием, мин	14,21	14,21

$K_{об}$ – коэффициент, учитывающий затраты времени на обслуживание рабочего места, отдых и естественные потребности	1,1	1,12
--	-----	------

Определение штучного времени сварки производится по формуле:

$$T_{шт} = [(t_0 + t_{виз}) \cdot l + t_{виз}] \cdot K_{об}, \quad (2)$$

где t_0 - основное время на сварку одного погонного метра шва, мин/м;

$t_{виз}$ - вспомогательное время, зависящее от длины шва, в расчете на погонный метр, мин/м;

l - протяженность сварочного шва данного типоразмера, м;

$t_{виз}$ - вспомогательное время, зависящее от свариваемого изделия и типа сварочного оборудования, мин/изделие;

$k_{об}$ - коэффициент, учитывающий время обслуживания рабочего места и время на отдых и личные надобности (на автоматическую сварку – 1,15; на полуавтоматическую – 1,12; на ручную – 1,10);

Подставляем значения в формулу (2) и получаем для РДС:

$$T_{шт} = [(45+1,59) \times 3,2 + 14,21] \times 1,1 = 180 \text{ мин}$$

Подставляем значения в формулу (2) и получаем для КС:

$$T_{шт} = [(24+1,35) \times 3,2 + 14,21] \times 1,12 = 107 \text{ мин}$$

Разница в штучном времени сварки между РДС и КС составляет 73 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 41 %.

Расчетные данные для определения количества свариваемых труб за смену, представлено в таблице 23.

Таблица 23 – Количество сваренных труб в рабочую смену

Исходные данные	РДС	КС
$T_{см}$ – продолжительность одной рабочей смены, ч	8	8

$T_{шт}$ – штучное время, мин	180	107
-------------------------------	-----	-----

Определение размера партии производится по формуле:

$$n = \frac{T_{см} \cdot 60}{T_{шт}}, \quad (3)$$

где $T_{см}$ - продолжительность одной рабочей смены, ч;

$T_{шт}$ – штучное время, мин.

Подставляем значения в формулу (3) и получаем для РДС:

$$n = \frac{8 \times 60}{180} \approx 2,7 \text{ шт.}$$

Подставляем значения в формулу (3) и получаем для КС:

$$n = \frac{8 \times 60}{107} \approx 4,5 \text{ шт.}$$

Разница в размере партии между РДС и КС, составляет 1,8 шт, что в процентном соотношении дает увеличение количества на 40 %.

Расчетные данные для определения штучно – калькуляционного времени, представлено в таблице 24.

Таблица 24 – Штучно-калькуляционное время

Исходные данные	РДС	КС
$T_{шт}$ – штучное время, мин	180	107
$t_{пз}$ – подготовительно – заключительное время, мин	17	28
n – размер партии, шт	2,7	4,5

Для дуговой сварки в условиях серийного производства норма времени рассчитывается по формуле:

$$T_{ук} = T_{шт} + \frac{t_{п.з.}}{n}, \quad (4)$$

где $T_{шт}$ – штучное время, мин;

$t_{п.з.}$ – подготовительно заключительное время;

n – размер партии.

Подставляем значения в формулу (4) и получаем для РДС:

$$T_{шк} = 180 + \frac{17}{2,7} = 186 \text{ мин.}$$

Подставляем значения в формулу (4) и получаем для КС:

$$T_{шк} = 107 + \frac{28}{4,5} = 113 \text{ мин.}$$

Разница в штучно-калькуляционном времени сварки между РДС и КС, составляет 73 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 39 %.

Расчетные данные для определения массы наплавленного металла, представлены в таблице 25.

Таблица 25 – Масса наплавленного металла шва

Исходные данные	РДС	КС
F_n – площадь наплавленного металла, мм ²	126	126
L – длина шва, м	3,2	3,2
γ – плотность наплавленного металла, г/см ³	7,8	7,8

Определение массы наплавленного металла шва производится по формуле:

$$G_n = F \cdot l \cdot \gamma, \quad (5)$$

где F – площадь наплавленного металла, мм²;

l – длина шва, м;

γ – плотность наплавленного металла.

Подставляем значения в формулу (5) и получаем для РДС:

$$G = 126 \times 3,2 \times 7,8 = 3,1 \text{ кг.}$$

Подставляем значения в формулу (5) и получаем для КС:

$$G = 126 \times 3,2 \times 7,8 = 3,1 \text{ кг.}$$

Разница массе наплавленного металла между РДС и КС отсутствует.

4.3 Экономическая оценка сравниваемых способов сварки

Рассматривается возможность изготовления сварного изделия с использованием альтернативных способов и средств сварки, которыми располагает предприятие и когда необходимо выбрать лучший процесс. В подобной ситуации выбор лучшего решения должен осуществляться на основе текущих затрат. При их определении во внимание следует принимать лишь релевантные затраты, то есть такие, которые будут различаться в сравниваемых вариантах и которые могут повлиять на выбор лучшего варианта.

Текущие затраты на сварочные работы состоят из следующих пунктов:

- сварочные материалы;
- основная зарплата;
- отчисления во внебюджетные фонды;
- электроэнергия;
- ремонт оборудования.

4.3.1 Затраты на сварочные материалы

Основные данные по затратам на сварочные материалы представлены в таблице 26.

Таблица 26 – Затраты на сварочные материалы

Исходные данные	РДС	КС
$g_{нм}$ – масса наплавленного металла, кг/изд	3,1	3,1
k_n – коэффициент, учитывающий отношение веса электродов или проволоки к весу наплавленного металла	1,6	1,08
$\Pi_{см}$ – цена электродов, руб/кг LB 52U OK 53.70	440 584	-
$\Pi_{см}$ – цена сварочной проволоки, руб/кг Super Arc NR-208S	-	420 1031

Определение затрат на сварочные материалы производится по формуле:

$$C_{cm} = g_{nm} \cdot k_n \cdot \Pi_{cm}, \quad (6)$$

где g_{nm} – масса наплавленного металла, кг/изд;

k_n – коэффициент, учитывающий отношение веса электродов или проволоки к весу наплавленного металла;

Π_{cm} – цена электродов/ электродной проволоки, руб/кг.

Подставляем значения в формулу (6) и получаем для РДС с Р:

$$C_{cm} = 3,1 \times 1,6 \times (440 + 584) = 5079 \text{ руб.}$$

Подставляем значения в формулу (6) и получаем для РДС без Р:

$$C_{cm} = 3,1 \times 1,08 \times (420 + 1031) = 4858 \text{ руб.}$$

Разница в затратах на сварочные материалы между РДС и КС, составляет 221 руб, что в процентном соотношении дает уменьшение затрат на 4 %.

4.3.2 Затраты на защитный газ

Основные данные по затратам на защитный газ представлены в таблице 27.

Таблица 27 – Затраты на защитный газ

Исходные данные	РДС	КС
$g_{газ}$ - норма расхода газа, л/мин	-	15
t_0 - основное время на сварку, мин/м	-	24
l - длина сварного шва, м/издел	-	3,2
$\Pi_{газ}$ - цена за единицу газа руб/л	-	0,033

Определение затрат на защитный газ производится по формуле:

$$C_{газ} = g_{газ} \cdot t_0 \cdot l \cdot \Pi_{газ}, \quad (7)$$

где $g_{газ}$ - норма расхода газа, л/мин;

t_0 - основное время на сварку, мин/м;

l - длина сварного шва, м/издел;

$\Pi_{газ}$ - цена за единицу газа руб/л.

Подставляем значения в формулу (7) и получаем для автоматической сварки:

$$C_{\text{газ}} = 0,033 \times 15 \times 3,2 \times 24 = 38 \text{ руб.}$$

Разница в затратах на защитный газ между РДС и КС, составляет 38 руб, что в процентном соотношении дает увеличение затрат на 100 %, т.к. при РДС защитный газ не применяется.

4.4.3 Затраты на заработанную плату рабочих

Основные данные по затратам на заработную плату рабочим представлены в таблице 28.

Таблица 28 – Затраты на заработанную плату рабочих

Исходные данные	РДС	КС
$C_{\text{мз}}$ – среднемесячная заработная плата рабочих соответствующих профессий, руб	60000	60000
$F_{\text{мр}}$ – месячный фонд времени работы рабочих, часы/месяц $F_{\text{мр}} \approx 172$ часов/месяц	172	172
$t_{\text{шк}}$ – штучно–калькуляционное время на выполнение операции, мин\изд	186	113

Определение затрат на заработанную плату рабочих производится по формуле:

$$C_3 = \frac{C_{\text{мз}} \cdot t_{\text{шк}}}{F_{\text{мр}} \cdot 60}, \quad (8)$$

где $C_{\text{мз}}$ – среднемесячная заработная плата рабочих соответствующих профессий;

$F_{\text{мр}}$ – месячный фонд времени работы рабочих, часы/месяц;

$t_{\text{шк}}$ – штучно–калькуляционное время на выполнение операции, мин\изд.

Подставляем значения в формулу (8) и получаем для РДС:

$$C_3 = \frac{60000 \times 186}{172 \times 60} = 1081 \text{ руб.}$$

Подставляем значения в формулу (8) и получаем для КС:

$$C_3 = \frac{60000 \times 113}{172 \times 60} = 657 \text{ руб.}$$

Разница в затратах на заработанную плату рабочих между РДС и КС, составляет 424 руб, что в процентном соотношении дает снижение затрат на 39 %.

4.4.4 Затраты на отчисления во внебюджетные фонды

Основные данные по затратам на отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 29.

Таблица 29 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исходные данные	РДС	КС
$k_{отч}$ – процент отчислений во внебюджетные фонды от основной и дополнительной заработной платы	30,2 %	30,2 %
C_3 – Затраты на заработанную плату рабочих, руб	1081	657

Определение затрат на отчисления во внебюджетные фонды производится по формуле:

$$C_{отч} = \frac{k_{отч} \cdot C_3}{100}, \quad (9)$$

где $k_{отч}$ – процент отчислений во внебюджетные фонды от основной и дополнительной заработной платы;

C_3 – Затраты на заработанную плату рабочих.

Подставляем значения в формулу (9) и получаем для РДС:

$$C_{отч} = \frac{30 \times 1081}{100} = 324 \text{ руб.}$$

Подставляем значения в формулу (9) и получаем для КС:

$$C_{отч} = \frac{30 \times 657}{100} = 197 \text{ руб.}$$

Разница в затратах на отчисления во внебюджетные фонды между РДС и КС, составляет 127 руб, что в процентном соотношении дает снижение затрат на 39 %.

4.4.5 Затраты на электроэнергию

Основные данные по затратам на электроэнергию представлены в таблице 30.

Таблица 30 – Затраты на электроэнергию

Исходные данные	РДС	КС
U – напряжение, В	26	30
I – сила тока, А	146	204
t_o – основное время сварки, мин/м	45	24
l – длина сварного шва, м/изд	3,2	3,2
η – коэффициент полезного действия источника питания	0,8	0,85
$\Pi_{эл}$ – стоимость 1 кВт-ч электроэнергии, руб	5,85	5,85

Определение затрат на электроэнергию производится по формуле:

$$C_{эм} = \frac{U \cdot I \cdot t_o \cdot l}{60 \cdot \eta \cdot 1000} \cdot \Pi_{эл}, \quad (10)$$

где U – напряжение, В;

I – сила тока, А;

t_o – основное время сварки, мин/м;

l – длина сварного шва, м/изд;

η – коэффициент полезного действия источника питания;

$\Pi_{эл}$ – стоимость 1 кВт-ч электроэнергии, руб.

Подставляем значения в формулу (10) и получаем для РДС:

$$C_{эм} = \frac{26 \times 146 \times 45 \times 3,2}{60 \times 0,8 \times 1000} \times 5,85 = 67 \text{ руб.}$$

Подставляем значения в формулу (10) и получаем для КС:

$$C_{эм} = \frac{30 \times 204 \times 24 \times 3,2}{60 \times 0,85 \times 1000} \times 5,85 = 54 \text{ руб.}$$

Разница в затратах на электроэнергию между РДС и КС, составляет 13 руб, что в процентном соотношении дает снижение затрат на 19 %.

4.4.6 Затраты на ремонт оборудования

Основные данные по затратам на ремонт оборудования представлены в таблице 31.

Таблица 31 – Затраты на ремонт оборудования

Исходные данные	РДС с Р	РДС без Р
Ц _j – цена оборудования соответствующего вида: INVERTEC V350 PRO	730000	-
Ц _j – цена оборудования соответствующего вида: INVERTEC STT-II Idealarc DC-400 LN-23P	-	797000 814565 348000
k _{рем} – коэффициент, учитывающий затраты на ремонт	0,25	0,25
t _{шк} – штучно– калькуляционное время на выполнение операции, мин\изд	186	113
F _{ГО} – годовой фонд времени работы оборудования, ч	2000	2000
k _з – коэффициент, учитывающий загрузку оборудования	0,8	0,8

Определение затрат на электроэнергию производится по формуле:

$$C_p = \frac{\sum_{j=1}^n \text{Ц}_j \cdot k_{рем} \cdot t_{шк}}{F_{ГО} \cdot k_3 \cdot 60}, \quad (11)$$

где Ц_j – цена оборудования соответствующего вида;

k_{рем} – коэффициент, учитывающий затраты на ремонт;

t_{шк} – штучно– калькуляционное время на выполнение операции, мин\изд;

F_{ГО} – годовой фонд времени работы оборудования, ч;

k_з – коэффициент, учитывающий загрузку оборудования.

Подставляем значения в формулу (11) и получаем для РДС:

$$C_p = \frac{730000 \times 0,25 \times 186}{2000 \times 0,8 \times 60} = 353 \text{ руб.}$$

Подставляем значения в формулу (11) и получаем для КС:

$$C_p = \frac{(797000 + 814565 + 348000) \times 0,25 \times 113}{2000 \times 0,8 \times 60} = 577 \text{ руб.}$$

Разница в затратах на электроэнергию между РДС и КС, составляет 224 руб, что в процентном соотношении дает увеличение затрат на 39 %.

4.4.7 Текущие затраты и расчет себестоимости сварного шва

Основные данные по текущим затратам представлены в таблице 32.

Таблица 32 – Результаты расчетов себестоимости сварного шва

Наименование	РДС (1)	КС (2)	Разница (1)–(2)
1. Сварочные материалы	5079	4858	221
2. Защитный газ	-	38	-38
3. Основная зарплата	1081	657	424
4. Отчисления во внебюджетные фонды	324	197	127
5. Электроэнергия	67	54	13
6. Ремонт	353	577	-224
Итого	6904	6381	523

По результатам расчетов разница в общих затратах на сварку одного стыка нефтепровода диаметром 1020 мм между РДС и КС, составляет 523 руб, что в процентном соотношении дает снижение затрат на 8 %.

Проведен технико–экономический анализ процесса сварки стыка нефтепровода диаметром 1020 мм толщиной стенки 12 мм между ручной дуговой сваркой и комбинированной сваркой методом STT и Innershield.

Разница в штучно-калькуляционном времени сварки между РДС (186 мин) и КС (113 мин), составляет 73 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 39 %.

По затратам на сварку стыка выгодна КС, она обходится дешевле на 523 руб, что в процентном соотношении дает снижение затрат на 8 %.

Социальная ответственность

Объектом исследования является процесс строительства нефтепровода диаметром 1020 мм толщиной стенки 12 мм механизированной сваркой методом STT и Innershield.

Рабочее место сварщика расположено на открытом воздухе. Трасса магистрального нефтепровода проходит через Анжеро-Судженск-Красноярск 212,736-275,566 км. Участок Каштан-Ачинск, 232,7км-240,63 км. Новосибирское РНУ. Местность равнинная. Климат умеренный.

.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства

Требования по охране труда при эксплуатации трубопроводов определяются законом «Об основах охраны труда в РФ», «Законом о промышленной безопасности опасных производственных объектов», другими действующими законодательными актами РФ и субъектов РФ, правилами, решениями и указаниями органов государственного надзора, Министерства и ведомства (компании).

Ответственность за соблюдение требований промышленной безопасности, а также за организацию и осуществление производственного контроля несут руководитель эксплуатирующей организации и лица, на которых возложены такие обязанности в соответствии с должностными инструкциями.

Согласно Федеральному закону «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» трубопровод и входящие в его состав объекты, относятся к опасным производственным объектам.

Декларация промышленной безопасности опасных производственных объектов должна содержать требования к трубопроводам.

К работам по эксплуатации трубопровода допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие в установленном порядке инструктаж, подготовку, не имеющие

медицинских противопоказаний при работе на опасных производственных объектах.

Обслуживание и ремонт технических средств трубопроводов должны осуществляться на основании соответствующей лицензии, выданной федеральным органом исполнительной власти, специально уполномоченным в области промышленной безопасности, при наличии договора страхования риска ответственности за причинение вреда при их эксплуатации.

Инструкции по охране труда разрабатываются руководителями участков, лабораторий и т.д. в соответствии с перечнем по профессиям и видам работ, утвержденным руководителем предприятия.

5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

При выполнении сварочных работ используются механизированная сварка в среде защитных газов методом STT и самозащитной порошковой проволокой Innershield. В процессе проведения сварочных работ выделяются разнообразные примеси, основными из которых являются твердые частицы и газы. Основными компонентами пыли при сварке оказываются окислы железа, марганца, хрома, кремния, фтористые и другие соединения. Наиболее вредными веществами, которые входят в состав покрытия и металла проволоки является хром, марганец и фтористые соединения. Воздух в рабочей зоне сварщика также загрязняется вредными газами окиси углерода.

При строительных работах на участке используется следующее оборудование и техника:

Источник питания Invertec STT – II – 1 шт.

Механизм подачи проволоки STT-10 – 1 шт.

Источник питания Idealarc DC-400 – 1 шт.

Подающий механизм LN-23P – 1 шт.

Трубоукладчик Komatsu - D355C – 1 шт.

Внутренний гидравлический центратор ЦВ – 104 – 1 шт.

Самоходная энергетическая машина АСТ-4-А – 3 шт.

В качестве основного материала используют сталь марки: 09ГБЮ.

Рабочее место сварщика соответствует требованиям ГОСТ 12.2.032-78 [28].

.2 Производственная безопасность

Разрабатываемая технология сварки предполагает использование механизированной дуговой сварки в среде защитных газов проволокой сплошного сечения и порошковой проволокой, с точки зрения социальной ответственности целесообразно рассмотреть вредные и опасные факторы, которые могут возникать при разработке технологии или работе с оборудованием, а также требования по организации рабочего места.

5.2.1 Анализ потенциально возможных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований

Для выбора факторов использовался ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [29]. Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в виде таблицы 33.

Таблица 33 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ по разработке программного модуля

Источник фактора, наименование вида работ	Факторы по ГОСТ 12.0.003-2015 [29]		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1) Механизированная сварка в среде защитных газов 2) Работа со сварочным оборудованием	1. Неудовлетворительное освещение рабочей зоны; [2,3, 17]; 2. Повышенный уровень шума на рабочем месте; [2, 17]; 3. Неудовлетворительный климат [2, 17]; 4. Вредные вещества;	1. Поражение электрическим током 2. Термические ожоги	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [30] СанПиН 3359-16 [31] СП 52.13330.2016 [32]

	5. Укусы насекомых и животных 6. Психофизические факторы (повышенная нагрузка на органы чувств (зрение, слух), тяжелая физическая работа, умственное перенапряжение, монотонность труда, стрессовые эмоциональные перегрузки, высокий уровень интенсивности деятельности, рабочая поза)		СанПиН 2.2.4.548–96 [33] СН 2.2.4/2.1.8.562–96 [34] ГОСТ 30494-2011 [35]
--	--	--	--

5.2.2 Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов

Поражение электрическим током

Опасность поражения электрическим током создают источники сварочного тока и электроинструмент. По ГОСТ 12.1.038-82 [36] напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном (неаварийном) режиме электроустановки, не должны превышать значений, указанных в таблице 34.

Таблица 34 – Напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном режиме электроустановки [36]

Род тока	U, В	I, мА
	Не более	
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3
Переменный, 400 Гц	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов при аварийном режиме бытовых электроустановок напряжением до 1000 В и частотой 50 Гц не должны превышать значений, указанных в таблице 35.

Таблица 35 – Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов при аварийном режиме бытовых электроустановок напряжением до 1000 В и частотой 50 Гц [36].

Продолжительность действия t, с	Нормируемая величина		Продолжительность действия t, с	Нормируемая величина	
	U, В	I, мА		U, В	I, мА
От 0,01 до 0,08	220	220	0,6	40	40
0,1	200	200	0,7	35	35
0,2	100	100	0,8	30	30
0,3	70	70	0,9	27	27
0,4	55	55	1,0	25	25
0,5	50	50	Свыше 1,0	12	2

Все металлические корпуса сварочных аппаратов должны быть надежно заземлены. Электрическая проводка должна обязательно иметь неповрежденную изоляцию. Розетки и вилки должны быть исправными. Около розеток обязательно должна быть надпись о величине напряжения.

Электробезопасность на рабочем месте сварщика соответствует допустимым нормам.

Освещение рабочей зоны

Основной задачей производственного освещения является поддержание на рабочем месте освещенности, соответствующей характеру зрительной работы.

Территория сварочного участка по монтажу и прокладке нефтебопровода в темное время суток должна иметь освещение в соответствии с требованиями СП 52.13330.2016 [32]. Устройство электроосвещения должно соответствовать требованиям «Правил устройства электроустановок» [37].

Для освещения сварочно-монтажных участков следует применять прожекторы на мачтах.

Осветительные устройства должны быть во взрывозащищенном исполнении в соответствии с установленными требованиями:

- не допускается применение открытых газоразрядных ламп и ламп накаливания с прозрачной колбой;

- питание устройств производится от сети переменного тока частотой 50 Гц и постоянного тока;

- мачты для установки должны обеспечиваться молниезащитой.

Согласно, ГОСТ 12.1.046-2014 [38] Нормы освещения строительных площадок, наименьшая освещенность должна быть 50 лк. Освещение на рабочем месте сварщика соответствует допустимым нормам.

Повышенный уровень шума на рабочем месте

Шум может создаваться работающим транспортом и оборудованием – грузовыми автомобилями, сварочным источником питания, шлифмашинкой. Шум ухудшает условия труда, оказывает вредное воздействие на организм человека. Действие шума затрудняет разборчивость речи, вызывает необратимые процессы изменения органа слуха у человека, повышает утомляемость.

Степень вредности и опасности условий труда при действии виброакустических факторов устанавливается с учетом их временных характеристик (постоянный, непостоянный шум, вибрация и т.д.). Допустимые уровни звукового давления и эквивалентного уровня звука (ГОСТ 12.1.003-2014 [39]) представлены в таблице 36.

Таблица 36 – Допустимые уровни звукового давления и эквивалентного уровня звука [39]

Вид трудовой деятельности, рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Выполнение всех видов работ	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

При превышении предельно допустимых норм шума работники должны обеспечиваться средствами индивидуальной защиты органов слуха: противошумными наушниками, шлемами или противошумными вкладышами.

СИЗ органов слуха следует выбирать в зависимости от частотного спектра шума на рабочем месте. Типы и группы СИЗ органов слуха следует выбирать в соответствии с требованиями СП 51.13330.2016 [32].

Работающие, пользующиеся средствами индивидуальной защиты, должны быть проинструктированы о правилах пользования этими средствами и способам проверки их исправности. Уровень шума на рабочем месте сварщика не превышает 80 дБА и соответствует нормам.

Вредные вещества

Повышенная запыленность рабочей зоны возникает в результате работ, направленных на очистку поверхности трубопровода в околошовных зонах от шлака и других включений, а загазованность – в результате выхлопа спецтехники. В запыленном воздухе дыхание становится затрудненным, насыщение крови кислородом ухудшается, что предрасполагает к легочным заболеваниям. Продолжительное действие пыли на органы дыхания может привести к профессиональному заболеванию - пневмокониозу. Основанием для проведения мер борьбы с пылью является гигиеническое нормирование Установленного перечня ПДК фиброгенной пыли в воздухе рабочих помещений приведен в ГОСТ 12.1.005-88 (с изм. №1 от 2000 г.) [40]. ПДК фиброгенной пыли в зависимости от процентного содержания диоксида кремния составляет 1 и 2 мг/м³. Для других видов пыли ПДК от 2 до 10 мг/м³. Предельно допустимая среднесуточная концентрация металлической пыли в воздухе не превышать 0,15 мг/м³, а максимально разовая – 0,5 мг/м³ [40].

При сварке в зону дыхания рабочих могут поступать сварочные аэрозоли, содержащие в составе твердой фазы окислы различных металлов (марганца, хрома, никеля, меди, алюминия, железа), их окислы и другие соединения, а также газы (окись углерода, озон, фтористый водород, окислы азота). Количество и состав сварочных аэрозолей, их токсичность зависят от химического состава

сварочных и свариваемых металлов. Предельно допустимые концентрации вредных веществ, встречающихся в воздухе рабочей зоны при производстве сварочных работ представлены в таблице 37.

Таблица 37 – Предельно допустимые концентрации вредных веществ [40]

Вредные вещества	ПДК, мг/м ³	Класс опасности	Агрегатное состояние
Азота оксиды (в пересчете на NO ₂)	5	2	П
Алюминий и его сплавы, оксид алюминия (в том числе, с примесью диоксида кремния) в виде аэрозоля конденсации	2	4	А
Железа оксид с примесью оксидов марганца (до 3 %), легированные стали и их смеси с алмазом до 5 %	6	4	А
Железа оксид с примесью оксидов фтористых или 3...6 % марганцовых соединений	4	4	А
Марганец (до 20 % в сварочном аэрозоле)	0,2	2	А
Никель, оксид никеля	0,05	1	А
Озон	0,1	1	П
Углерода оксид	20	4	П
Фтористый водород	0,5/0,1	2	П

В целях защиты органов дыхания необходимо использовать СИЗ (противогаз, респиратор), при их отсутствии можно применить марлевую повязку предварительно смочив ее. ПДК на рабочем месте сварщика соответствует допустимым нормам.

Неудовлетворительный климат

Зимой температура окружающего воздуха в районе производства работ может опускаться до минус 50 °С. Глубокое местное переохлаждение может закончиться обморожением частей тела с нарушениями тканей, включая и костную.

В таблице 38 представлены условия, при которых запрещаются работы на открытом воздухе [40].

Таблица 38 – Условия, при которых запрещаются работы на открытом воздухе [40]

Скорость ветра, м/с	Температура, °С
При безветренной погоде	Минус 36
Не более 5	Минус 35
5 – 10	Минус 34
10 – 15	Минус 32

Чтобы избежать переохлаждений и обморожений сварщики, работающие на открытой территории в зимний период года, должны быть обеспечены спецодеждой с теплозащитными свойствами. При температуре окружающего воздуха ниже минус 10 °С необходимо иметь вблизи рабочего места сварщика инвентарное помещение для обогрева, при температуре ниже минус 36 °С – оборудовать тепляк.

Укусы насекомых и животных

При работе на открытой местности в летнее время работники могут подвергнуться укусам кровососущих насекомых. Несмотря на то, что большинство укусов могут вызвать лишь зуд, другие могут быть чрезвычайно опасными и принести огромное количество проблем со здоровьем, если на укус сразу не обратить внимание.

Согласно, Р 3.5.2.2487-09 Руководство по медицинской дезинсекции, для предотвращения укусов насекомых рекомендуется применять защитную одежду. Защитный эффект в данном случае достигается механически. Ткань одежды должна быть достаточно плотной, либо иметь особое плетение нитей, не допускающее проникновение ротовых частей насекомого к поверхности тела человека. Разработан вариант защиты с помощью двух рубашек: нижняя из крупноячеистого достаточно объёмного трикотажного полотна

(хлопчатобумажная пряжа), верхняя – из тонкого и прочного мелкоячеистого трикотажного полотна. В данном случае реализуется известный принцип механического способа защиты человека от гнуса – создание между поверхностью одежды и телом человека пространства, превосходящего по глубине длину хоботка нападающих кровососов. Защиту головы следует осуществлять, используя головной убор типа «Накомарник» из мелкоячеистого трикотажного полотна, закрывающего лицо. Открытые части тела человека можно защищать с помощью репеллентов.

На рабочем месте сварщика защита от укусов насекомых и животных соответствует нормам

Психофизические факторы

Основными психофизическими факторами при работе сварщиков на участке являются повышенная нагрузка на органы чувств (зрение, слух), тяжелая физическая работа, монотонность труда, высокий уровень интенсивности деятельности.

Для предотвращения получения травм рекомендуется:

- произвести уменьшение плотности рабочего времени;
- исключить перебои в работе и настроить ритмизация трудовых процессов;
- наладить правильный режим труда и отдыха, в частности 30 минутный перерыв после каждых двух часов непрерывной работы или 15 минутный перерыв на каждый час работы.

На рабочем месте сварщика защита от влияния психофизических факторов соответствует нормам.

Термические ожоги

Термический ожог - это один из видов травмы, возникающей при воздействии на ткани организма высокой температуры. По характеру агента, вызвавшего ожог, последний может быть получен от воздействия светового излучения, пламени, кипятка, пара, горячего воздуха, электротока. Ожоги могут

быть самой разнообразной локализации (лицо, кисти рук, туловище, конечности) и занимать различную площадь.

Для предохранения тела от ожогов основной защитной мерой является пользование специальной одеждой и обувью. Костюм и рукавицы должны быть исправными. Костюм надо надевать с напуском брюк на обувь, чтобы не оставалось незащищенных частей тела.

Наиболее подходящей обувью являются ботинки без шнурков с гладким верхом и застежкой сзади либо с резиновыми растягивающимися боковинками. С гладкой поверхности обуви брызги расплавленного металла скатываются на пол и не задерживаются на ней. Брюки должны быть гладкими и не иметь внизу отворотов, куда могут попасть капли металла. Наружные карманы куртки должны закрываться клапанами. На голову обязательно следует надевать круглый без козырька берет. Большое значение для снижения травм от отлетающих брызг расплавленного металла имеет исправность сварочного оборудования, чистота свариваемых изделий и применяемых материалов - электродов, проволоки, защитного газа. Заготовки (детали) должны подаваться на сварку сухими, очищенными от краски, окалины и других загрязнений. Это же касается и сварочной проволоки.

.3 Экологическая безопасность

5.3.1 Защита атмосферы

При выполнении сварочных работ атмосферный воздух загрязняется сварочным аэрозолем. Для очистки выбросов в атмосферу, достаточно производить улавливание аэрозолей и газообразных примесей из загрязнённого воздуха. Установка для улавливания аэрозолей и пыли предусмотрена в системе вентиляции. Для этого используют масляные фильтры. Большое значение для защиты атмосферы имеет надежная герметизация оборудования, в котором находятся вредные вещества.

5.3.2 Защита гидросферы

Основными загрязнителями сточных вод являются частицы пыли, металлические и абразивные частицы. Очистка сточных вод от твёрдых частиц осуществляется методами процеживания, отстаивания, отделения твёрдых частиц в поле действия центробежных сил и фильтрования.

5.3.3 Защита литосферы

При сварочных работах образуются следующие отходы: сварочный шлак, огарки сварочных электродов, продукты разложения карбида кальция.

При сварочных работах образуются следующие отходы: сварочный шлак, огарки сварочных электродов, продукты разложения карбида кальция. На участке сварки должны быть предусмотрены емкости для складирования металлических отходов, а также емкости для мусора. Все металлические отходы транспортируются на переработку, а весь мусор вывозится в специально отведенные места и уничтожается.

Безопасность в чрезвычайных ситуациях

При проведении исследований наиболее вероятной ЧС является возникновение пожара.

Меры пожарной безопасности и безопасных условий труда определяются исходя из конкретных условий проведения строительных работ, при условии строго исполнения действующих норм и правил по пожарной безопасности и охране труда.

В качестве одной из превентивных мер противопожарной безопасности являются инструктажи. Установлены следующие виды противопожарных инструктажей: вводный; первичный на рабочем месте; повторный; внеплановый; целевой. О проведении каждого из видов противопожарных инструктажей делается запись в журнале учета проведения инструктажей. В журнале обязательно расписывается инструктор и работник, прошедший инструктаж.

К огневым работам относятся производственные операции, связанные с применением открытого огня, новообразованием и нагреванием до температуры, способной вызвать воспламенение материалов и конструкций (электрическая и газовая сварка, бензиновая, керосиновая или кислородная резка, кузнечные и котельные работы с применением паяльных ламп и разведением открытого огня).

Огневые работы можно производить только после выполнения всех подготовительных мероприятий, обеспечивающих полную безопасность работ.

При проведении огневых работ рабочие должны быть обеспечены спецодеждой не имеющей следов нефтепродуктов, защитными масками (очками) и другими специальными средствами защиты.

При проведении огневых работ на рабочем месте должны быть размещены первичные средства пожаротушения.

В нашем случае участок оборудуется специальными средствами пожаротушения:

- пожарной цистерной с водой (нельзя тушить электроустановки под напряжением, карбида кальция и т.д.) - 2 шт.;
- огнетушитель ОП-5 (порошковый) (для тушения начинающегося пожара твёрдых горючих материалов, легковоспламеняющихся и горючих жидкостей) – 2 шт.;
- огнетушитель углекислотный ОУ-5 (для тушения горючих жидкостей, электроустановок и т.д.) – 2 шт.;
- ящик с сухим и чистым песком (для тушения различных видов возгорания).

Меры по предотвращению возгорания на сварочном участке:

- применение электрооборудования, соответствующего классу пожароопасной и (или) взрывоопасной зоны, категории и группе взрывоопасной смеси;
- применение искробезопасного инструмента при работе с легковоспламеняющимися жидкостями и горючими газами;

- исключение контакта с воздухом пирофорных веществ;
- устройство молниезащиты техники и оборудования;
- удаление из технологического оборудования и коммуникаций пожароопасных отходов производства, отложений пыли, пуха;

Выводы по главе 5

В работе рассмотрены вредные и опасные факторы, которые могут возникать при строительстве линейной части магистрального нефтепровода.

Для защиты персонала от поражения электрическим током, воздействия шума, вредных выбросов и недостаточной освещенности предложены средства коллективной и индивидуальной защиты.

Для хранения отходов, обладающих пожароопасными свойствами организуются специальные места хранения исключающие возможность самопроизвольного возгорания.

Данные мероприятия позволят повысить уровень безопасности на сварочных участках по строительству нефтепровода. Рабочее место на сварочном участке по строительству нефтепровода соответствует НТД.

Заключение

В данной бакалаврской работе, была произведена замена ручной дуговой сварки покрытыми электродами на механизированную плавящимся электродом методом STT в углекислом газе для корня шва и механизированную самозащитной порошковой проволокой Innershield для заполняющего и облицовочного проходов.

В результате работы были подобраны сварочные материалы и произведен выбор сварочного оборудования. На основе справочных данных были выбраны параметры сварки. Предложен и описан технологический процесс сварки с использованием механизированных полуавтоматических аппаратов типа STT и Innershield. Предложен контроль качества.

Проведен технико-экономический анализ процесса сварки стыка нефтепровода диаметром 1020 мм толщиной стенки 12 мм между ручной дуговой сваркой и комбинированной сваркой методом STT и Innershield.

Разница в штучно-калькуляционном времени сварки между РДС (186 мин) и КС (113 мин), составляет 73 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 39 %.

По затратам на сварку стыка выгодна КС, она обходится дешевле на 523 руб, что в процентном соотношении дает снижение затрат на 8 %.

Можно сделать вывод, что применение комбинированной сваркой методом STT и Innershield экономически оправдано.

Для защиты персонала от поражения электрическим током, воздействия шума, вредных выбросов и недостаточной освещенности предложены средства коллективной и индивидуальной защиты.

Для хранения отходов, обладающих пожароопасными свойствами организуются специальные места хранения исключающие возможность самопроизвольного возгорания.

Данные мероприятия позволят повысить уровень безопасности на сварочных участках по строительству магистрального трубопровода.

Список используемых источников

1. Лыглаев, А.В. Левин, А.И. [и др.] Эксплуатация магистральных газопроводов в условиях Севера // Газовая промышленность. – 2001. – №8. – С. 37-39.
2. Еремин, Е. Н. Дуговая сварка магистральных трубопроводов [Текст] : учеб. пособие для вузов по направлению 150200 "Машиностроительные технологии и оборудование" и специальности 150202 "Оборудование и технология сварочного производства" / Е. Н. Еремин, В. В. Шалай, А. Е. Еремин, 2009. - 392 с.
3. СП 36.13330.2012 «Магистральные трубопроводы».
4. ОТТ-23.040.00-КТН-051-11 «Трубы нефтепроводные большого диаметра. Общие технические требования».
5. ТУ14-3-1573 96 Трубы стальные электросварные прямошовные диаметром 530-1020 мм с толщиной стенки до 32 мм для магистральных газопроводов, нефтепроводов и нефтепродуктопроводов. АО ВНИИСТ 04.06.1997– 40 с.
6. ГОСТ 19281-2014 Прокат повышенной прочности. Общие технические условия (с Изменением N 1).
7. Ерёмин, Е. Н. Сварочные материалы для трубопроводного строительства: учеб. пособие / Е. Н. Ерёмин, В. В. Шалай, А. Е. Ерёмин – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2010. – 260 с.
8. Костин, В. А. Математическое описание углеродного эквивалента как критерия оценки свариваемости сталей [Текст] / В. А. Костин // Автоматическая сварка. – 2012. – № 8. – С. 12–17.
9. Сварка трубопроводов: Учеб. пособие / Ф. М. Мустафин, Н. Г. Блехерова, О. П. Квятковский и др. — М.: ООО "Недра-Бизнес центр", 2002.- 350 с.
10. Тенденции развития механизированной сварки с управляемым переносом электродного металла[Текст] В. А. Лебедев// International Scientific-

Technical and Production Journal. Avtomaticheskaya Svarka. –2010. –№ 10 – С.45-48.

11. Технология полуавтоматической сварки/ [Электронный ресурс] – Режим доступа: WebSvarka.ru.

12. Сварка самозащитной проволокой / [Электронный ресурс] – Режим доступа: www.arguslimited.ru.

13. Преимущества полуавтоматической сварки / [Электронный ресурс] – Режим доступа: [promplace.ru /poluvavtomaticheskaya-svarka-1532.htm](http://promplace.ru/poluvavtomaticheskaya-svarka-1532.htm).

14. Источник Invertec STT II / [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://www.svarmet.ru/svarka STT-10](http://www.svarmet.ru/svarka-STT-10).

15. Подающий механизм для сварки STT 10 / [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://www.lincolnweld.ru/products/Katalog/ Svarochnoe_oborudovanie/ Mehanizmy podachi provoloki/Stendovye/stt10](http://www.lincolnweld.ru/products/Katalog/Svarochnoe_oborudovanie/Mehanizmy_podachi_provoloiki/Stendovye/stt10).

16. Изделия для трубопроводов, для нефтедобычи и переработки / [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://snabkomchel.ru>.

17. ГОСТ 8050-85 Двуокись углерода газообразная и жидкая. Технические условия.

18. Сварочная проволока SuperArc L-56 / [Электронный ресурс] – Режим доступа: [promssnab.ru -superarc-l-56](http://promssnab.ru-superarc-l-56).

19. Сварочная самозащитная проволока Innershield NR–208S / [Электронный ресурс] – Режим доступа: www.arguslimited.ru.

20. Методическое пособие: Механизированная сварка в среде углекислого газа методом STT. ВНИИСТ – 1997 г.

21. ГОСТ 16037-80 Соединения сварные стальных трубопроводов. Основные типы, конструктивные элементы и размеры (с Изменением N 1).

22. Инструкция по технологии сварки при строительстве и капитальном ремонте магистральных нефтепроводов РД 153-006-02 - https://znaytovar.ru/gost/2/rd_15300602_instrukciya_po_tex.html.

23. Особенности технологии и применения сварочного процесса stt / [Электронный ресурс] – Режим доступа: www.weldingsite.in.ua/st/STT.

24. ГОСТ 14782-86 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые.
25. Дефектоскоп УИУ «Сканер+» модель «Скаруч» / [Электронный ресурс] – Режим доступа: scaruch.ultes.info.
26. А.Д. Гитлевич и др. Техническое нормирование технологических процессов в сварочных цехах – М: Машгиз, 1962 – 427 с.
27. Грачева К.А. Экономика, организация и планирование сварочного производства: Учебное пособие. М.: Машиностроение, 1984. - 368 с.
28. ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
29. ГОСТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация, 2015.
30. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий, 2003.
31. СанПиН 3359-16 Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах.
32. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение, 2016.
33. СанПиН 2.2.4.548–96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
34. СН 2.2.4/2.1.8.562–96, Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки, 1996.
35. ГОСТ 30494-2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.
36. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов (с Изменением N 1).
37. Правила устройства электроустановок. Седьмое издание, 2002.
38. ГОСТ 12.1.046-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Строительство. Нормы освещения строительных площадок.

39. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).
Шум. Общие требования безопасности (Переиздание).

40. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).
Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с
Изменением N 1).

Приложение А
(обязательное)
Комплект технологической документации

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

5

1

ИНК ТПУ
Группа 3-1В51

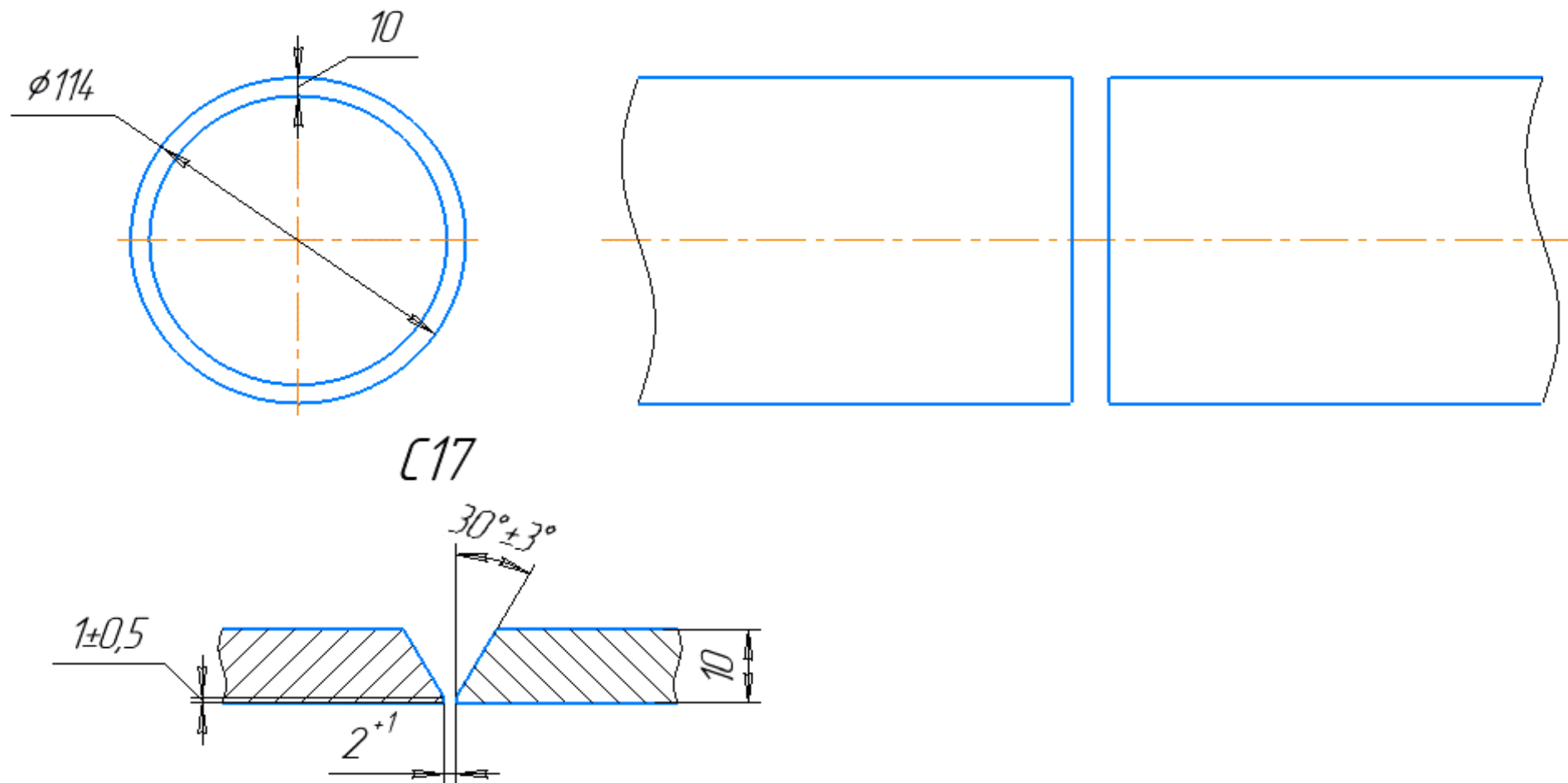
ФЮРА 20190.0001

Н.контр.	Киселев А.С.
----------	--------------

Сварное соединение трубы Ø114x10 из стали 09Г2С

y

005

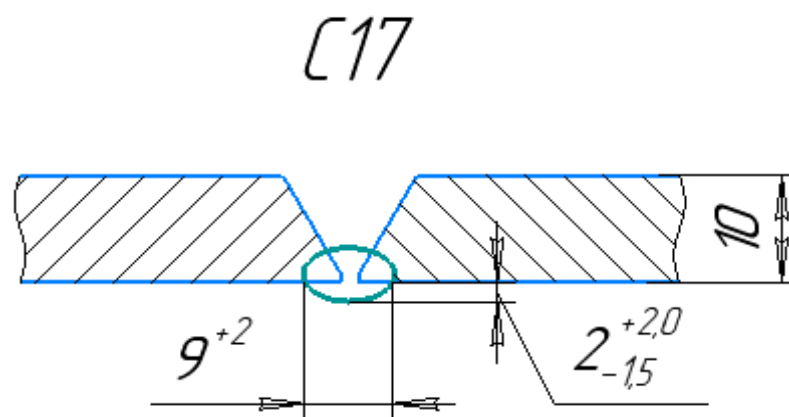
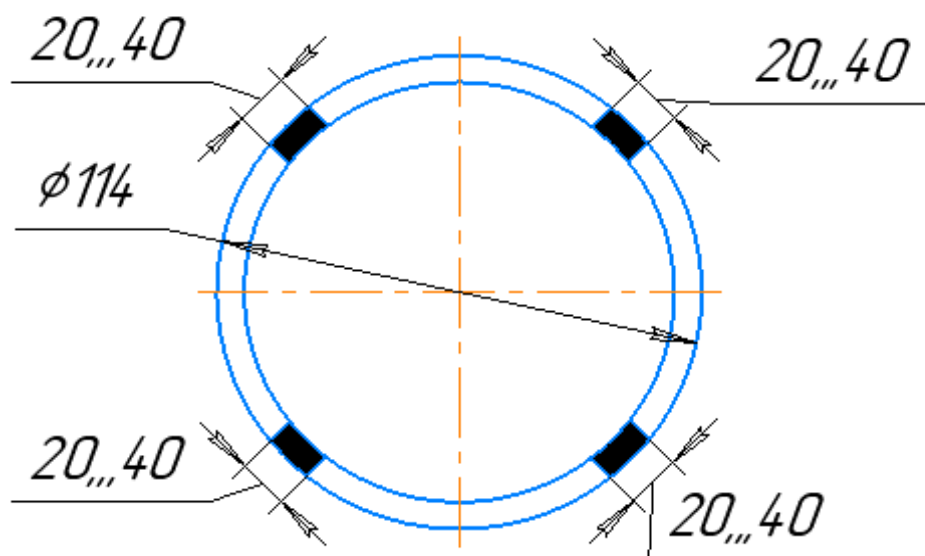


КЭ

Карта эскизов

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

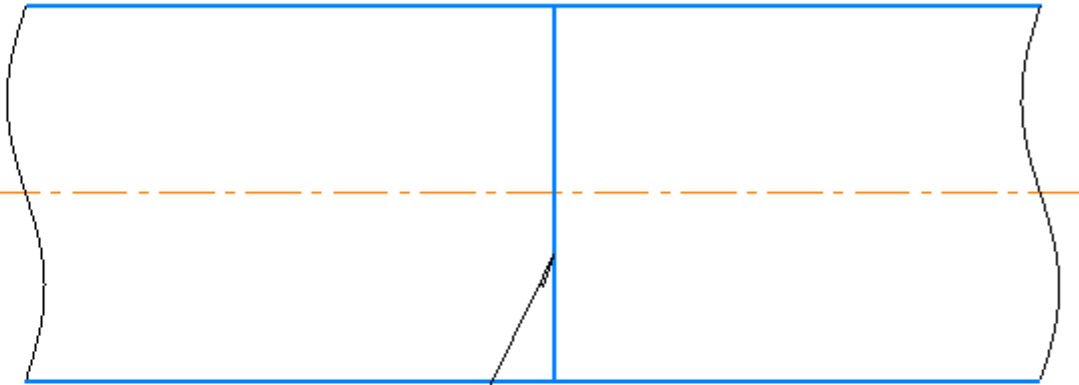
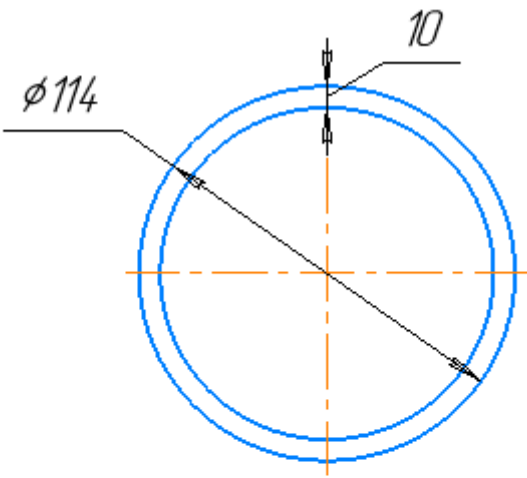
							ФЮРА 02190.00010	2
							ФЮРА 20190.0002	



Дубл.			
Взам.			
Подл.			

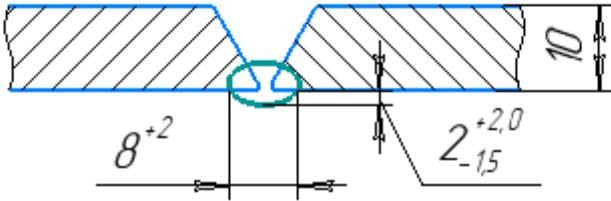
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

								ФЮРА 02190.00010		3
								ФЮРА 20190.0003		



ГОСТ 16037-80-С17

С17

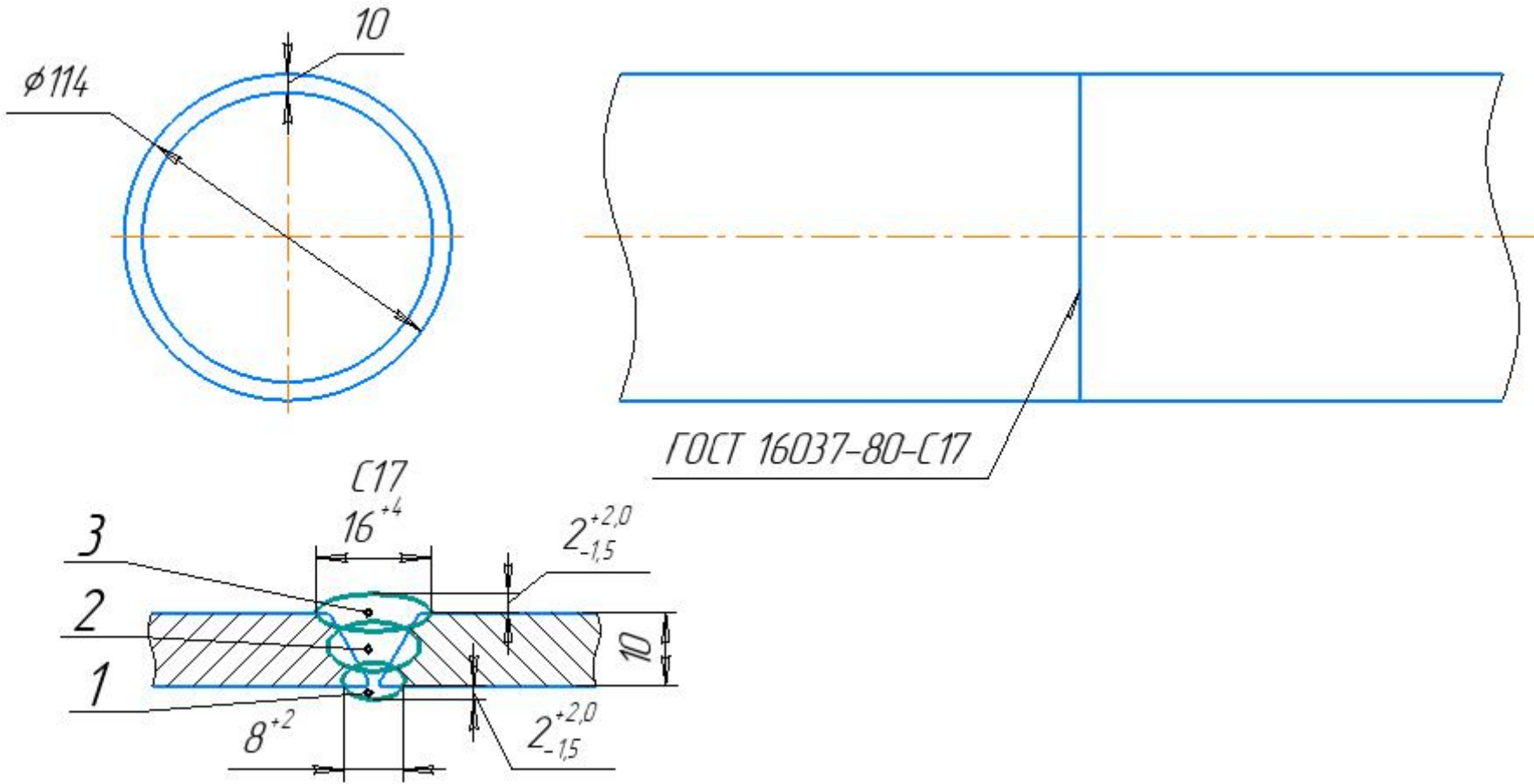


Дубл.			
Взам.			
Подл.			

ФЮРА 02190.00010

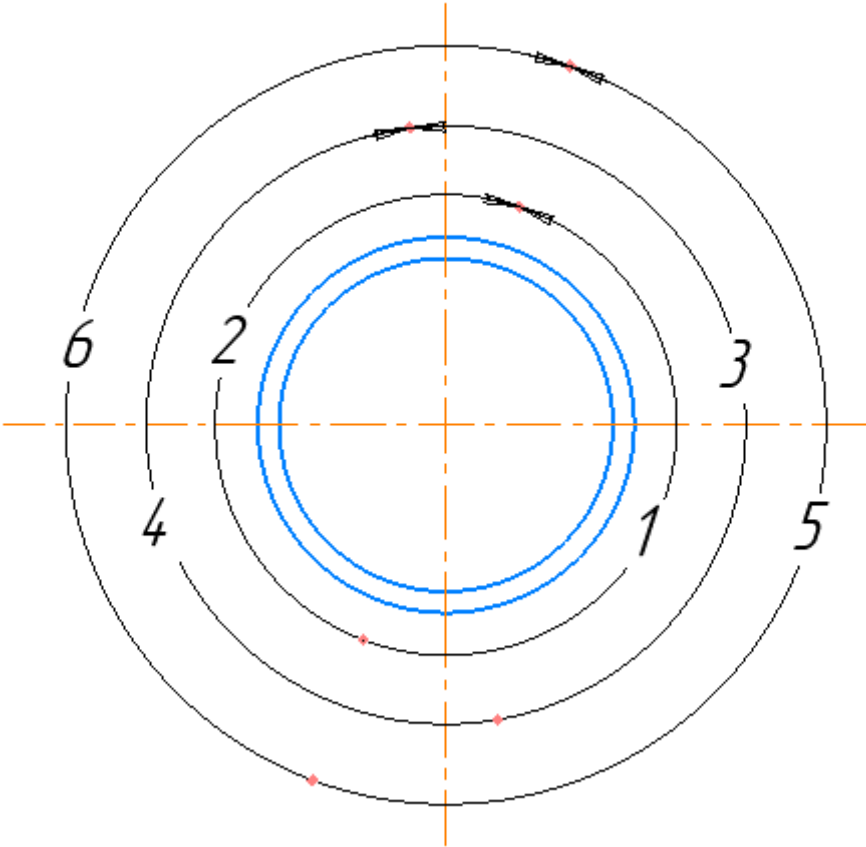
4

ФЮРА 20190.0004



Дубл.			
Взам.			
Подл.			

								ФЮРА 02190.00010	5
								ФЮРА 20190.0005	



															ГОСТ 3.1118-82 форма 2				
Дубл.																			
Взам.																			
Подл.																			
												ФЮРА.02190.00010				3	1		
Разраб.	Назаров А.М.						НИ ТПУ ИШНКБ									ФЮРА.10190.00001			
Руковод.	Гордынец А.С.						Группа 3-1В51												
Н.контр.							Сварка магистрального трубопровода Ø1020х12 мм										у		
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции					Обозначение документа									
Б	Код,наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.			
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала					Обозначение,код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.				
А01	1	1	1	005	Входной контроль					РД 34.15.132-96									
О03	1. Проверить наличие сертификатов на металл и соответствия сертификатов с ГОСТ.																		
О03	2. Проверить свариваемый металл на отсутствие расслоений, ржавчины, загрязнений. В металле труб не допускается наличие трещин, плен, рванин, катов, а также расслоений длиной более 80 мм в любом направлении.																		
О03	3. Проконтролировать сварочные материалы на соответствие требованиям, предъявляемым к ним.																		
О03	4. Проверить наличие и целостность упаковки на сварочный материал.																		
О03	5. Проверить состояние проволоки на отсутствие задигов, ржавчины, правильность укладки проволоки.																		
О07	6. Проверить состояние документации на баллоны СО2 (маркировка, чистота газа, влажность газа). Партия сварочных материалов считается пригодной, если все механические характеристики технологических проб отвечают нормативным требованиям.																		
А10	1	1	1	010	Заготовительная					ГОСТ 16037-80; РД 39-0147014-535-87									
Б12	УШМ Bosch					1	18466	5	1	2									
М13	Круги отрезные (толщина 1,6-2,0 мм) и абразивные (толщины 4-6 мм)					ГОСТ 21963-2002													
О15	1. Разделка кромок труб по ГОСТ 16037-80, согласно карте эскизов ФЮРА.20190.00001																		
О15	2. Зачистить свариваемые кромки от загрязнений по ширине на 200 мм																		
А10	1	1	1	015	Сборочная					ГОСТ 16037-80; РД 39-0147014-535-87									
Б12	Центратор ЦВ-104					1	18466	5	1	2									
О15	1. Установить две трубы на инвентарные (монтажные) опоры с помощью трубоукладчика, согласно чертежу ФЮРА.2068998.001 СБ																		
МК																			

										ГОСТ 3.1118-82					форма 2а	
Дубл.																
Взам.																
Подл.																
												ФЮРА.02190.00010			2	
												ФЮРА.10190.00002				
A	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции					Обозначение документа						
Б	Код,наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала					Обозначение,код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.	
O15	2. Оцентровать трубы с помощью внутреннего центратора ЦВ -104, согласно чертежу ФЮРА.2068998.003 СБ и карте эскизов ФЮРА.20190.00001															
A03	1	1	1	020	Сварка корневого прохода					ГОСТ 16037-80; РД 39-0147014-535-87						
B04	Полуавтомат SST Lincoln Electric, источник питания INVERTEC STTII					1	19906	6	1	2						
B05	УШМ Bosch					1	18466	5	1	2						
M06	Круги отрезные (толщина 1,6-2,0 мм) и абразивные (толщины 4-6 мм)					ГОСТ 21963-2002										
M07	Сварочная проволока Super Arc L-56 Ø1,14; газ углекислый					ТУ 1211-030-88301710-2010; ГОСТ 8050-85										
O08	Сварить корневой шов, согласно карте эскизов ФЮРА.20190.00002. Направление сварки на спуск. Зачистить от брызг после сварки.															
T09	Щиток НН-0-3054, щетка металлическая															
A03	1	1	1	025	Сварка заполняющих и облицовочного проходов					ГОСТ 16037-80; РД 39-0147014-535-87						
B04	Подающий механизм LN-23P Lincoln Electric, специализированный источник питания DC-400					1	19906	6	1	2						
B05	УШМ Bosch					1	18466	5	1	2						
M06	Круги отрезные (толщина 1,6-2,0 мм) и абразивные (толщины 4-6 мм)					ГОСТ 21963-2002										
M07	Сварочная проволока NR-208 Special Ø1,7															
O08	Сварить заполняющие проходы, согласно карте эскизов ФЮРА.20190.00003. Направление сварки на спуск. Зачистить от шлака и брызг после сварки каждого прохода.															
O08	Сварить облицовочный проход, согласно карте эскизов ФЮРА.20190.00004. Направление сварки на спуск. Зачистить от шлака и брызг после сварки.															
T09	Щиток НН-0-3054, щетка металлическая															
МК																

															ГОСТ 3.1118-82 форма 2а				
Дубл.																			
Взам.																			
Подл.																			
															ФЮРА.02190.00010			2	
															ФЮРА.10190.00002				
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции					Обозначение документа									
Б	Код,наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.			
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала					Обозначение,код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.				
A01	1	1	1	030	Контрольная					ГОСТ 16037-80									
Б02	Дефектоскоп УИУ Скаруч					2	11833	5	1	1									
O03	1. Провести визуально-измерительный контроль, при котором проверить соответствие формы и размеров шва требованиям нормативно-технической документации.																		
O04	2. Проконтролировать сварные швы ультразвуком на отсутствие внутренних дефектов (100%).																		
T05	Щаблон сварщика УШС-3 ТУ 102.-338-83																		
06																			
07																			
08																			
09																			
10																			
11																			
12																			
13																			
14																			
15																			
МК																			

Приложение Б
(обязательное)
Комплект чертежей

Оглавление

ФЮРА.2068998.001.СБ Участок магистрального трубопровода	чертеж А1
ФЮРА.2068998.001.СБ Участок магистрального трубопровода.Спецификация	чертеж А4
ФЮРА.2068998.002.ВО Комплекс оборудования для полуавтоматической сварки корневого слоя	чертеж А1
ФЮРА.2068998.002.ВО Комплекс оборудования для полуавтоматической сварки корневого слоя.Спецификация	чертеж А4
ФЮРА.2068998.003.СБ Внутренний центратор ЦВ-104	чертеж А1
ФЮРА.2068998.003.СБ Внутренний центратор ЦВ-104. Спецификация	чертеж А4
ФЮРА.2068998.004.СБ Технологическая схема сварки трубопровода поточно-расчлененным методом	чертеж А1

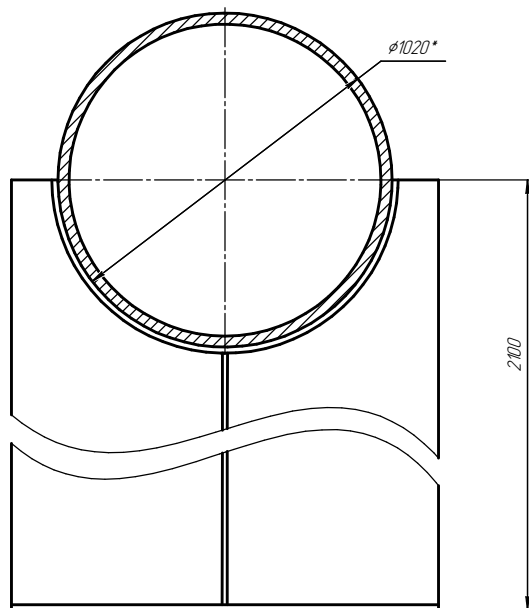
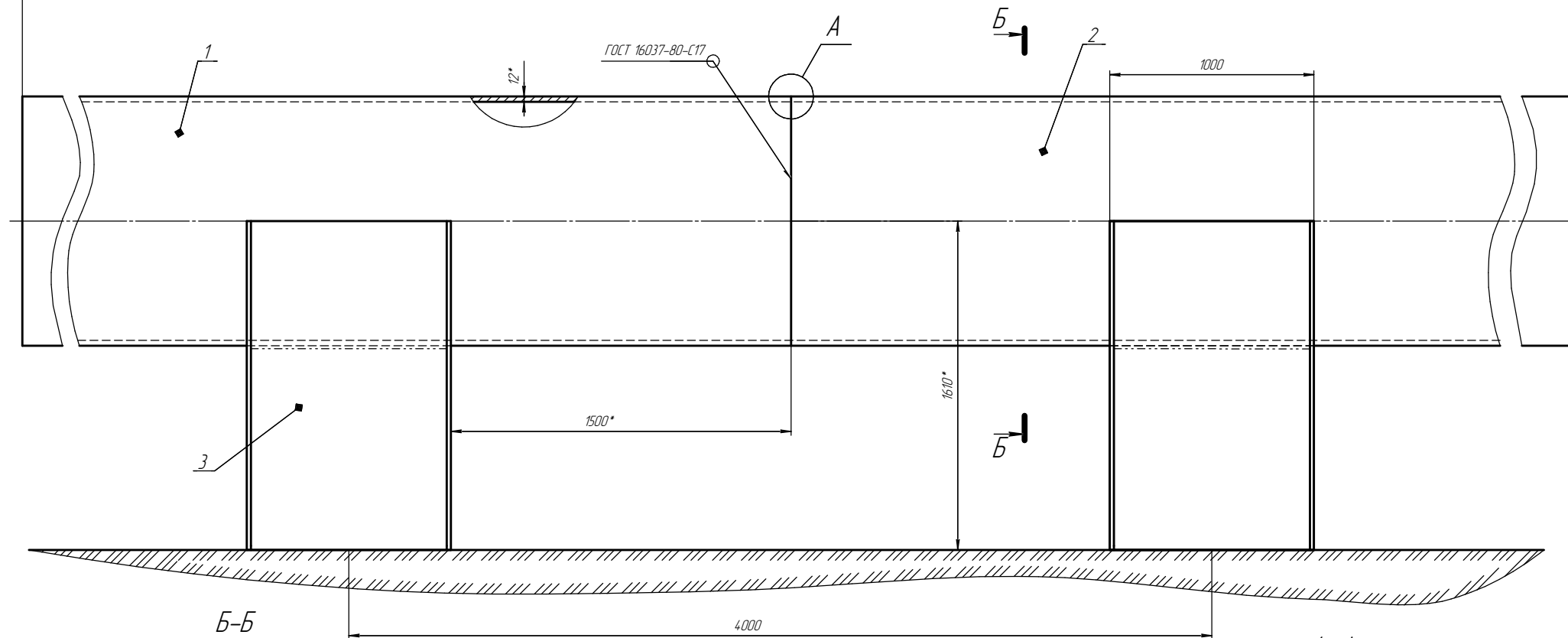
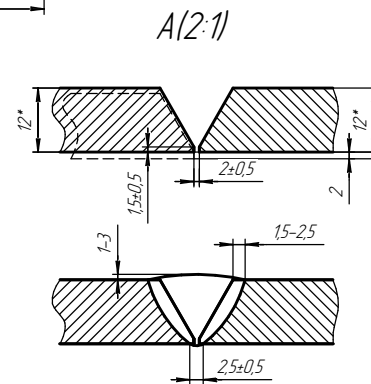


Таблица 1-Техническая характеристика

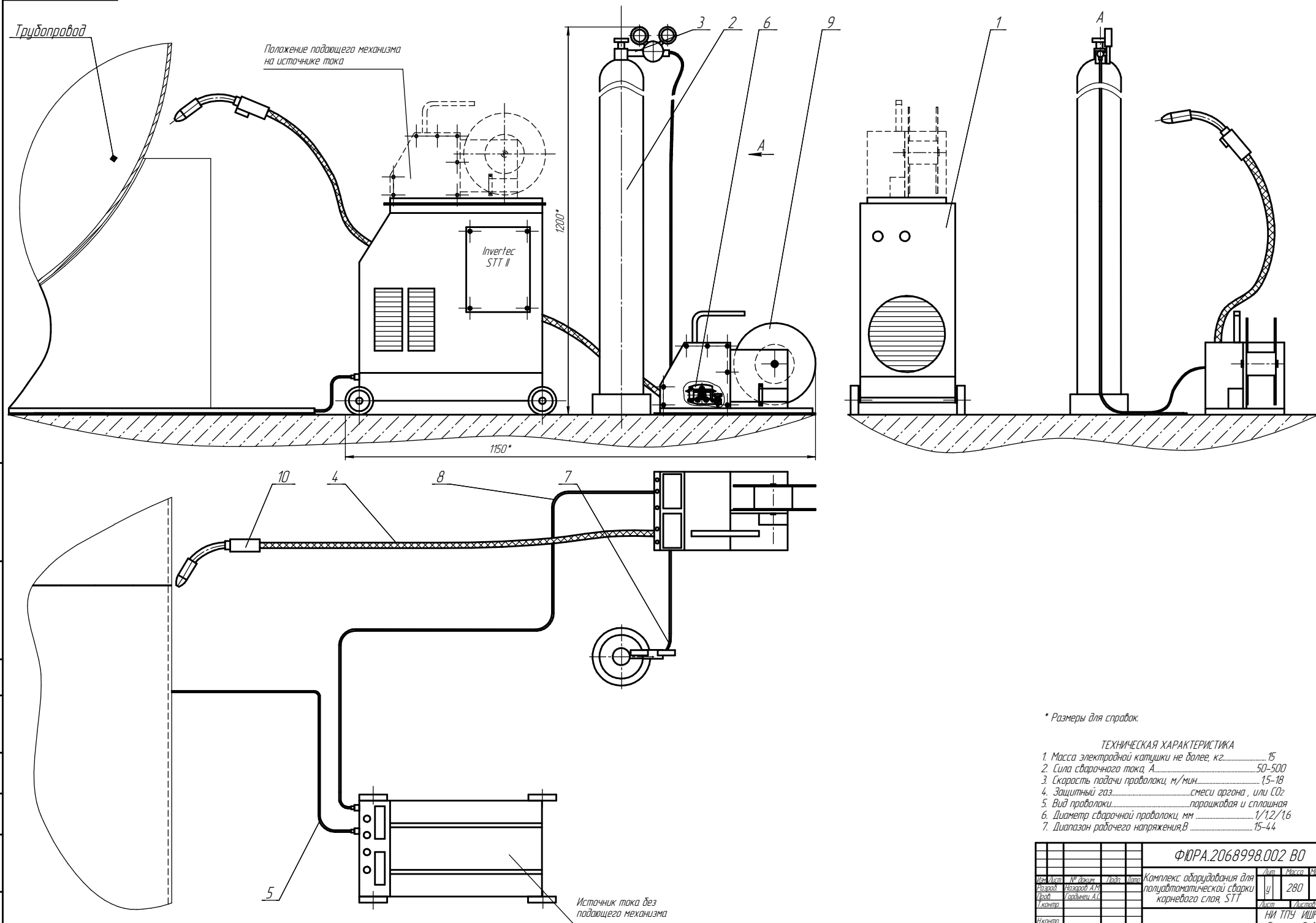
Наименование параметра		Значение
Давление, МПа	рабочее	4,9
	расчетное	6
Температура, °C	рабочей среды	20
	расчетная стенки	12
	средняя холодной пятидневки	-5
	min допуст. стенки	-12
	Класс прочности	K 56
Среда	нефтепродукты	
Срок службы, лет	40	
Проектная производительность, млн.л/год	44,5	



1. * Размеры для справок.
2. Сварной шов по ГОСТ 16037-80.
3. Материал трубопровода 09ГБЮ
4. Трубопровод предназначен для транспортировки агрессивных сред

[illegible]

Положение подающего механизма
на источнике тока

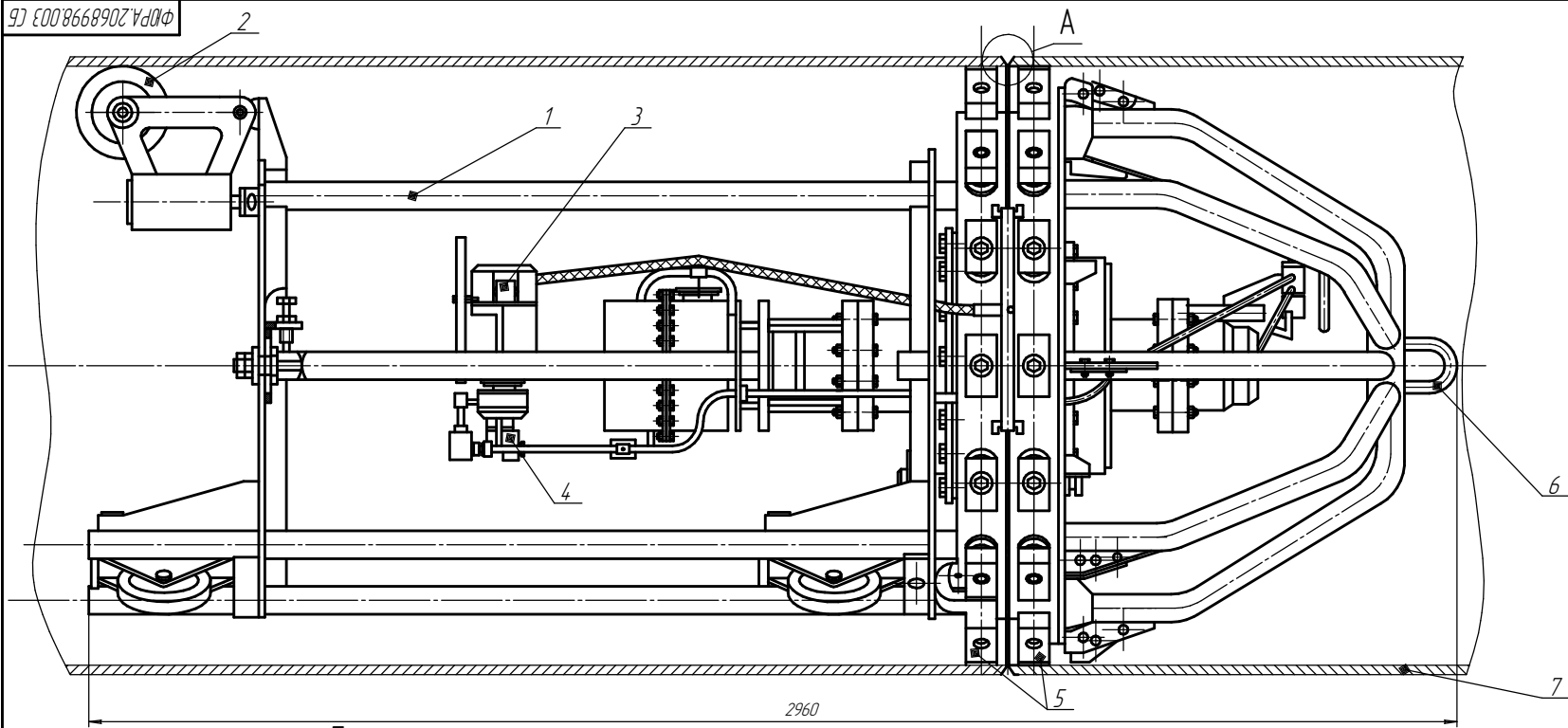


* Размеры для справок.

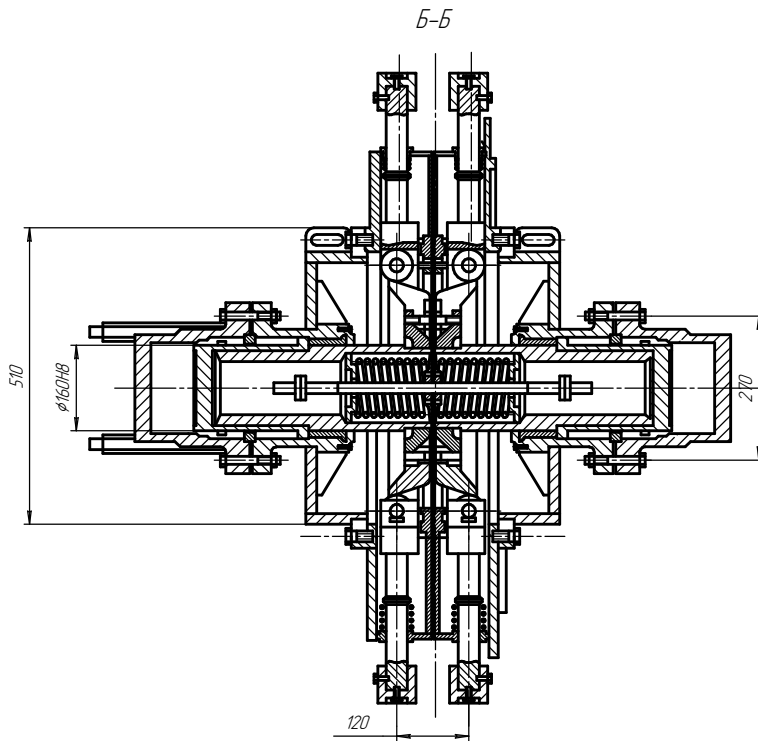
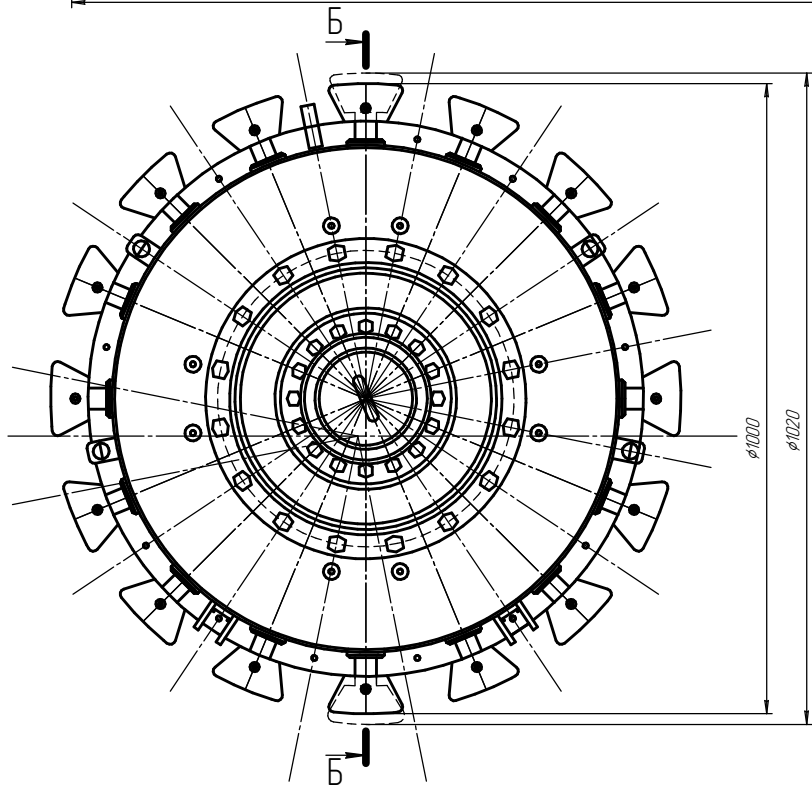
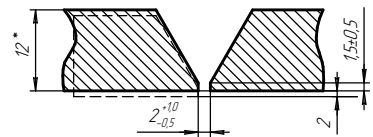
ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

- | | |
|---|--------------------------|
| 1. Масса электродной катушки не более, кг | 15 |
| 2. Сила сварочного тока, А | 50-500 |
| 3. Скорость подачи проволоки, м/мин. | 15-18 |
| 4. Защитный газ | смеси аргона, или CO_2 |
| 5. Вид проволоки | порошковая и сплошная |
| 6. Диаметр сварочной проволоки, мм | 1/12/16 |
| 7. Диапазон рабочего напряжения В | 15-44 |

[illegible]



Вид А
М 2:1

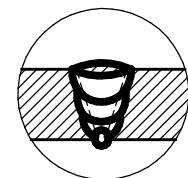


* Размер для справок

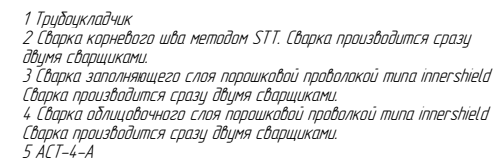
Модель центратора	ЦВ-104
Диаметр трубы, мм	1020
Толщина стенки, мм	12
Количество жимков в одном ряду, шт.	16
Расстояние между центрирующими рядами, мм	120
Усилие раздвигаемое одним центрирующим рядом, кН	850
Время сжатия/разжатия, с	15
Тип привода центратора	электрогидравлический
Рабочее давление гидросистемы, МПа	15
Заправочный объем гидросистемы, л	10
Габаритные размеры, мм	длина 2960
	диаметр 1020
Масса центратора, кг	1430

ФЮРА.2068998.003 СБ					
Внутренний центратор ЦВ-104					
Изм.	Лист	№ докум.	Год	Итого	Лист
Разраб.	Исполн.	Провер.	Д.М.	14.30	14
Техн. эк.	Гидравлич. А.С.				
Исполн.	Исполн.				
Удобр.					
НИ ТПУ ИШНКС					
Группа 3-1851					
Формат А1					

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
						Документация			
		A1			ФЮРА.2068998.003 СБ	Сборочный чертеж			
						Сборочные единицы			
Справ. №				1	ФЮРА.2068998.003.001	Рама	1		
				2	ФЮРА.2068998.003.002	Колесо	4		
				3	ФЮРА.2068998.003.003	Электропривод	1		
				4	ФЮРА.2068998.003.004	Гидронасос	1		
				5	ФЮРА.2068998.003.005	Зажимной механизм	32		
				6	ФЮРА.2068998.003.006	Крепление штанги	1		
				7	ФЮРА.2068998.003.007	Труба	1		
Подп. и дата									
Взам. инв. №									
Подп. и дата									
Инв. № подл.									
					ФЮРА.2068998.003 СБ				
Изм.	Лист	№ докум.		Подп.	Дата				
Разраб.		Назаров А.М.							
Пров.		Гордынец А.С.							
Н.контр.									
Утв.									
						Внутренний центратор ЦВ-104	Лит.	Лист	Листов
							4		1
							НИ ТПУ ИШНКБ Группа 3-1В51		



11000

[illegible]